

● 易学智慧丛书

易 学 与 科 技

董光壁 著

沈 阳 出 版 社

易学智慧丛书编委会

主 编 朱伯崑

副主编 刘长林 郑万耕

序

任继愈

《易经》这部书幽微而昭著，繁富而简明。五千年间，易学思想有形无形地影响着中华民族的社会生活、政治生活以及人生哲学。

《周易》经传符号单纯（只有阴阳两个符号），文字简约（约两万四千余字），给后代诠释者留出驰骋才学的广阔天地。迄今解易之书逾数千家。近年已有光电传播媒体，今后阐释易学的各种著作势将更为丰富。

历代有真知灼见的易学研究者，从各个方面反映各时代、各阶层的重大问题。前人研究易学的成果丰富了中华民族的文化宝库。研究易学，古人有古人的重点，今人有今人的重点。今天中国人的使命是加速现代化的步伐，迎接二十一世纪。

易学，作为中华民族文化遗产，也要为文化现代化而做贡献。当代新易学的任务之一是摆脱神学迷信。易学虽起源于神学迷信，其出路却在于摆脱神学迷信。凡是有生命的文化，都植根于现实生活之中，不能游离于社会之外。大到社会治乱，小到个人吉凶，都想探寻个究竟。人在世上，是听命于神，还是求助于人，争论了几千年，这两条道路都有支持者。

哲学家见到《易经》，从中悟出弥纶天地的大道理；德国莱布尼兹见到《易经》，从中启悟出数学二进制的前景；严君平学《易经》，构建玄学易学的体系；江湖术士不乏“张铁口”、“王半仙”之流，假易学之名，蛊惑愚众，欺世骗财。易学研究走什么道路，是易学研究者普遍关心的大事，每一位严肃的易学研究者负有学术导向的责任。

本丛书的撰著者多是我国近二十年来涌现的中青年易学专家，他们有系统的现代科学训练的基础，有较深厚的传统文化素养，有严肃认真的学风，易学造诣各有专攻。这部丛书集结问世，必将有益于世道人心，有助于易学健康开展，为初学者提供入门津梁，为高深造诣者申一得之见以供参考。

这套丛书的主旨，借用王充《论衡》的话——“疾虚妄”。《论衡》作于二千年前，旧迷雾被清除，新迷雾又弥漫。“疾虚妄”的任务远未完成。如果多数群众尚在愚昧迷信中不能摆脱，我们建设现代化中国的精神文明就无从谈起。我们的任务艰巨而光荣。

本丛书的不足之处，希望与读者同切磋，共同提高。

题辞

阐发易学的精湛思想
深研天地人三才之道

张岱年



一九九六年六月

目 录

序

导 论

- 2 易学的科学内涵
- 5 易学与传统科学
- 11 易学与未来科学
- 14 科学易与易科学

第一章 易学中的科学原理

- 17 宇宙秩序原理
 - 生成原理/感应原理/循环原理
- 33 方法论原则
 - 象数论/比类论/实验论
- 47 科学技术观
 - “制器尚象”观/“天工开物”观/“道术一本”观

第二章 易学的符号学特征

61 易卦排序原理

六十四卦序疑难/重卦排序原理/重卦原理的推广

76 易卦分类原理

飞伏原理/复变原理/错综原理/易卦分类的组合学解

92 易图的对称性

六十四卦方图的错综对称性/易卦对称性的矩阵分析/
易卦对称性的群论分析

第三章 易学与传统科学

116 传统科学的文化背景

125 易学与天文

易学卦气说与历法表示系统/宇宙图象的形成与易学

136 易学与数学

易学与数学范式的形成/易学数学派与科学的数学/筮法的同余式结构与大衍求一术

164 易学与物理

中国传统文化中的“物理”观/邵雍论物理之学/易学物理观对物理学研究的影响

第四章 易学与近代科学

184 易学“会通”观与“中西会通”

《崇祯历书》之编撰与“中西会通”的提出/易学家会

通中西的心力

197 莱布尼茨的易卦二进制解

历史大略/邵雍先天图与二进制数表

208 焦循的易卦代数解

焦循的数学观/乘方表与易卦/易代数

222 六十四卦与遗传密码表

第五章 易学与后现代科学

233 科学与社会进步

238 社会召唤新科学

243 在中国寻找新科学起飞之翼

249 易学真理的再发现

257 易学与未来科学

导 论

易学和科学不仅是两种不同的学问，而且是两个不同时代的文化。在中国春秋战国时期，对古老的占筮决疑书《易经》作理性的注释和发挥的《易传》出现了，它可以视为易学成立的标志。而严格的科学则产生在近代的欧洲，只是在追溯其历史时才有古代科学和中世纪科学之说。在追溯历史的意义上，中国传统文化中也自有其科学的源流。在中国古代和中古代文化中，易学与科学的关系是共生互动的。产生于欧洲的近代科学与中国传统文化没有直接的流源关系，但因科学是反映自然规律的，自然有古今相通之理。特别是20世纪初以来，近代科学的世界观基础之局限性逐渐显露，并且新科学的世界观还表现出向东方古代哲学思想归复的倾向。现代科学的自然观和方法论正在从分析重构论向整体生成论转变，这种迹象似乎表明，以整体生成论为特征的易学思维模式，虽然不能自然地发展出产生自欧洲的那种近代科学，却可能为现代科学提供某种启迪，为科学的未来发展开

辟道路。

易学的科学内涵

易学对科学的影响是以它的前科学性和科学内涵为基础的。合《易经》与《易传》为一体的《周易》已具备基本的理论形态，它是概念和符号结合的具有明确逻辑结构的理论体系。由阴爻（--）和阳爻（—）两个符号排列组合的易卦系统，与以阴阳概念为纲纪组成的范畴体系相结合，形成一种特殊的理论结构模式。经历代易学家的阐释，范畴体系、符号系统以及它们之间的对应关系逐渐完善并模式化。从《易传》出发形成的中国传统科学技术思维定式，包括了宇宙秩序原理、方法论原则和科学技术观。易学的宇宙秩序原理以阴阳概念为基础，主要有生成原理、感应原理和循环原理，它们构成一种生机论的自然观。易学的方法论原则以象、数、理等观念为基础，主要有象数论、比类论和实验论，它们组成一种研究程序理论。易学的科学技术观以“天人合一”观为基础，主要有“制器尚象”观、“天工开物”观和“道术一本”观，它们强调将天地人作为统一的整体加以研究，主张德性与知性并重、理性与价值合一，建天人整体之学。

易学不仅提供了一套自然观、方法论和科学观，而且其本身也具有科学内涵，主要表现为易卦符号系统的数学特征

和关于物理的理论观念。有关易卦符号系统和河洛理数的研究以及筮法的机巧设计，不仅展示了原始的组合数学的面貌，而且还包含近现代数学的某些先驱思想和启迪未来的素材。历代易学家发展的符号系统主要有两种：一为《周易》系统（包括汉焦贛在其《易林》中提出的由六十四卦相重而得的四千零九十六卦系统）；另一为《太玄》系统（包括九天玄女卦）。前者是二元符号系统，后者是三元符号系统。除此之外，尚有汉代道教的四元系统《灵棋经》，北宋司马光（1019—1086）的十元系统《潜虚》，南宋蔡沈（1167—1230）的九元系统《洪范皇极》。以数学语言讲，它们都是有限重集排列。二元符号系统到北宋发展为数学上完备的邵雍（1011—1077）先天图，二元素有限重集排列完整到排列数 n 可为任意自然数，达到排列数 $N = 2^n$ 的结果。莱布尼茨（Gottfried Wilhelm Leibniz, 1646—1716）发现邵雍的六十四卦排序与他的二进制数表的一致性。焦循（1763—1820）发现六十四卦结构与五乘方分解相同，实质上给出了它的代数解。从代数看，易卦符号排列体系蕴涵着量子代数思想。沿邵雍推广的易卦生成法图示推论，还可达到历史上从未有的“变维空间”概念^①。易图的方圆排布实际上

① 关于“变维空间”概念我在1990年安阳“周易与现代自然科学国际学术讨论会”上先发表了《易图的变维空间结构》（载丘亮辉等主编：《周易与现代自然科学》，中州古籍出版社，1992年），后来我又发表了基于历史考察的更详尽的论文《变维空间概念及其意义》（载董光璧主编：《物理时空新探》，湖南教育出版社，1992年）。

还提供了一种原始的坐标系统。易图对称性的种种研究，在世界上是绝无仅有的。清代陈梦雷的方图内外图，在本世纪30年代，被薛学潜合理地解释为一种矩阵。在易学发展史上，京房（前77—前37）的“飞伏”说、孔颖达（574—648）的“复变”说、来知德（1525—1604）的“错综”说实为不同的符号分类原理；各种卦变说，如荀爽（128—190）、虞翻、李之才（？—1048）、朱熹（1130—1200）、俞琰（1258—1314）等人的“卦变”说，可视为不同的符号生成法则；而有关卦序的种种研究，如“八宫”说、“重卦”说、“先天”说和“后天”说等，都提出了各自的符号排序规则。这些都表明当时易卦符号学研究所达到的科学水平。九宫数图开河洛理数研究之先河，它已作为最古老的组合数学文献载入史册。河图洛书研究导致的纵横图排列研究，南宋易学家丁易东的水平并不亚于数学家杨辉。易数研究中有关天地数、大衍数的种种解释多无科学价值，其中的一部分工作涉及几何学，如来知德的三角排列、李光地（1642—1718）的四方数和六角排列，特别是大衍勾股解与几何证明联系在一起却别有一番新意。作为图中之图的当代分维几何学，在易学河洛理数研究中有它的先兆，它贡献了

图象语言的一种比较好的理解和应用^①。《周易》筮法不仅提供了运用概率决疑的一种程序，而且其机巧设计还蕴涵一种数学结构。秦九韶发现它的同余结构并发明了求解一次同余式的一种程序——大衍求一术，领先世界数百年。^②

易学与传统科学

关于易学对中国传科学影响之讨论，既可以是“宏观”的一般性讨论，也可以是“微观”的具体讨论。本书取宏观讨论的进路，对易学与传统科学的起源、定型、发展所起的作用，给予概略的评说。关于易学与中国传统科学的起源问题。《易传·系辞下》第二章有一大段话，把中华民族的早期重大发明，如农具、衣裳、舟楫、服牛乘马、杵臼、弧矢、宫室、棺槨、书契等，都说成是依卦象的启示而发明的。这

① 1988 年秋在美国圣地亚哥召开的“第五届国际中国科技史会议”上，英国皇家艺术学院的 Rebecca Bloxham 提交了论文“Patterns within patterns: the fractal nature of ancient chinese number patterns”专门讨论象数学与分维几何学的关系。

② 有关秦九韶的“大衍求一术”与易学的关系争论不一。有关这方面的论文可举：钱宝琮的《宋元时期的数学与道学的关系》（载《宋元数学史论文集》，1966 年）、罗见今的《九章算数与周易》和李继闵的《著卦发微初探》（均载吴文俊主编：《秦九韶与数书九章》，北京师范大学出版社，1987 年）、董光璧的《大衍数与大衍术》（载《自然辩证法研究》，第 4 卷，1988，第 3 期，第 46—48 页）。

类“科学”源于“易学”的断言当不可信。近人提出的种种易学的科学起源说^①，诸多论证虽有一定道理，但尚缺乏考古学证据。关于易学与传统科学范式的形成的关系，比起源问题上的互动要明朗得多。易学的形成以《易传》为标志，它出现在战国中后期大体已成为定论。而传统科学的骨架或者说范式的形成则在其后的秦汉时期。从前后次序这一历史的逻辑看，前者有可能为后者提供某种启迪和助力。作为传统科学构架基础的阴阳、五行学说并非直接来源于易学。因为在战国时期已有阴阳、五行学派。尽管早期的易卦符号蕴涵有阴阳概念，但《易传》中的阴阳思想显然源于阴阳家。《易传》中没有五行思想，这种思想在汉代分别为易学和科学吸收。一般说来，作为传统科学基础的阴阳五行思想与易学没有传承关系，但是，《易传》的“一阴一阳之谓道”的命题，有助于科学接受阴阳思想。前面我们谈到的发端《易传》的宇宙秩序原理、方法论原则和科学技术观，对科学范式的形成所提供的哲学方法论的启迪，是“隐性”的和“潜移默化”的。易学的形式化程式也直接或间接地影响着传统科学的形成。易学卦爻系统对医学和历法的影响是明显的。脏

① 有关易学起源的文献有郑亦同（1903—1984）的著作《周易探源》（南洋大学出版社，1972年），朱灿生的论文《太极图来源于月亮运动统计规律的探讨》（载《自然杂志》，第6卷，1983，第4期，第248—249页），陈久金的论文《阴阳五行八卦起源新说》（载《自然科学史研究》，第5卷，1986，第2期，第97—112页），郑军的著作《太极太玄体系》（中国社会科学出版社，1992年）。

腑经络学说中由六脏、六腑和六阴经、六阳经所构成的循环系统，表现了六爻系统的形式特征，是易学形式化系统对医学影响的具体表现。易学卦气说被引为历法理论基础的企图是失败了，但它作为一种表示系统对历法的影响却是长远的。

考察易学对传统科学发展作用的一般特征，最好讨论易学对中国传统科学三次高峰出现的作用。在古希腊科学和近代科学崛起之间的千余年中，欧洲科学衰退。这期间对科学作出重大贡献的是阿拉伯人和中国人。自汉代形成中国传统科学模式以降，中国传统科学出现三个高峰期。第一个高峰期出现在魏晋南北朝时期，第二高峰期出现在宋元时期，最后一个高峰期为晚明时期。科学的发展自有其自身的逻辑根源，也依赖自然地理的以及社会的、政治的和文化的条件。促成传统科学高峰出现的因素是多方面的，易学作为文化条件之一，其影响也是不宜忽视的。

中国易学与传统科学关系的一般特征，似乎可以把“实学”看作联系两者的一条纽带。“实学”并非一种学说或理论体系，而是指同治学态度和学风有关的一种特殊的学术研究取向。其核心精神是“实事求是”。自汉班固（32—92）赞献王刘德“实事求是”至清阮元（1764—1849）将其发展为一种程序化的实证方法，实学思想几经升华。我把它区分为三种形态：强调“实理”的理性实学、注重“实效”功利实学和讲求“证据”的实证实学，这三者也大体反映着实

学思想的发展阶段。^①

理性实学兴于宋，但其先导已出现在魏晋南北朝的玄学中，玄学家虽不使用“实学”，但他们以理性反对迷信、以简化取代烦琐，强调“自然之理”、“弃名任实”的精神，实为理性实学之先河。其“辨名析理”的思维形式，不仅对宋明易学和理学的形成而且对同期的自然科学走向理论化都有很大影响。魏晋南北朝时期的科学成就主要是几何学，圆周率计算到相当七位小数的程度，遥遥领先于世界。台湾学者洪万生认为“非实用性”是此期数学发展的动力^②。《周易》作为“三玄”之一，其影响是不可忽视的。在刘徽的数学思想中我们看到易学的明显影响。他的《九章算数注·序》把伏羲划八卦作数学的渊源叙述到他那个时代的数学发展史，以“观阴阳之割裂，总算数之根源”表达他研究数学的指导思想。如果说这只是文化意识的一种表现，那么他的“析理以辞，解体用图”数学方法论纲领，则是对《易传》象、数、理思想的一种创造性的发展，以理和象（图）解数。魏晋南北朝时期易学对科学的影响，在刘徽身上我们看到了它的典型表现。

宋代理学家将《大学》的“格物致知”架接在《易传》

① 我对于实学与科学之关系的详细论述有专门的论文《实学与格致学》，提交给1992年10月在济南召开的“国际实学学术讨论会”。会议的论文集尚未出版。

② 洪万生：《重视证明的时代——魏晋南北朝时期的科技》，载刘岱总主编：《中国文化新论·科技篇》，联经出版公司，1982年。

的“穷理尽性”上，提出“格物穷理”的认识论和推理方法。程、朱的“求万理于外物”补充以陆、王的“求一理于内心”，架构成一辆格物穷理的“双轮车”。“格物穷理”说在宋、明、清三代不断演进，其中的科学理性精神的影响也越来越大。宋元科学高峰和晚明科技综合光彩的出现都得益于理性实学中的科学理性精神。

以易学为骨架的理学在宋代形成，树立了实学的第一个里程碑。科学理性包含逻辑理性、数学理性和实验理性三个层次。宋代理学对于前两种理性的阐发超过以往任何时代，数理科学在宋代的理论转折和高度发达与此相关。有关“格物”的论述虽然没达到实验理性的高度，但《易传》“仰观俯察”的观察精神毕竟有较大的发展。宋末元初人赵友钦以千支蜡烛在二层楼中所进行的大型光学成象实验不是偶然的。宋代“学”取代“术”也是一个值得注意的历史现象。不仅出现了人文性的“理学”、“道学”、“易学”等，而且出现了“声学”、“数学”、“物理之学”和“医学”等用语。“数学”原被用于指称邵雍关于数的形上之学，但秦九韶将其与他的研究联系起来并赋名其专著为《数学大略》，其向科学的转义就从此时发生了^①。“物理之学”是邵雍提出的，

① 关于秦九韶著作的题名现有的文献还难以定论。它的唯一的一本数学专著，在流传中出现过三个名称：宋陈振孙记《数术大略》，宋元周密记《数学大略》，明《永乐大典》本题名《数学九章》，明王应麟传本为《数书九章》。李迪的《数书九章源流考》认为《数术大略》和《数学大略》“似乎都正确”，但他倾向前者为原题名。

它的涵义虽非今日之物理学，但在流传一千几百年的“物理”二字之后加一个“学”字其意义也是显然的。北宋博物学家赞宁（919—1002）称张衡（78—139）发明地动仪为“穷物理之极致”，无疑表明“物理之学”也可以向科学化。中国渊源久远的博物学以程、朱倡导“格物致知”为契机，发展出“格致学”。宋末《格物粗谈》的出现是其兆端。接着有朱熹五传弟子、著名医学家朱震亨将其一部医学专著题名《格致余论》并序称“古人以医为吾儒格物致知一事”，莫若为朱世杰的《四元玉鉴》作序又称数学为“古人格物致知之学”。

南宋功利学派的思想发展至明中叶，与阳明心学的知行合一精神结合，发展成强调事功、实效的功利实学思潮，形成实学的第二个里程碑。这种思潮盛行期，儒学“格物致知”说被空前广泛地讨论。晚明百年之内出现《本草纲目》、《乐律全书》、《农政全书》、《徐霞客游记》和《天工开物》等五部科学巨著。中国传统科技最后这道光彩——科技大综合与格物学说的传播有关。明末，基督教传教士把西方的科学技术传进中国。《易传》中的“会通”思想被用为接受西学的指导原则，西学作为中国“格物致知”观念的有用的延伸而被欢迎，并从而导至中国历法天文学和数学的短期复兴。值得注意的是，促进“中西会通”的学者多为通易学者和王阳明（1472—1529）之后学。实学的进一步发展到达它的终点，以西学刺激与文字狱的威胁在文人身上的扭曲结合为条件，逐渐形成以朴学为特征的实证实学。它把实学取

向升华到方法论的高度，成为连接儒家格致学与近代科学的桥梁。

如上所述，易学的确对中国传统科学的发展有过其积极的作用。李约瑟认为易学象数系统不但不能刺激自然研究而且碍科学的发展^①。在易学“会通”思想指导下的“中西会通”不成功表明，易学的世界观和学术观与产生自欧洲的近代科学的哲学基础是两种不同的进路。前面我已经谈到两者之间的“整体生成论”和“分析重构论”差别。这种差别的一个根基是对天人关系的不同认识。近代科学的基础是“天人相分”，而易学所提供的则是“天人合一”，两者格格不入。因此，以“天人合一”为构架的中国传统科学不能发展出欧洲那种近代科学，而且试图将西方科学的内容纳入这一构架的“中西会通”也是不能成功的。但这并不表明中国传统科学不可以有另外的近代化方向。

易学与未来科学

易学与现代科学的关系不同于它与古代科学的关系，也

^① Joseph Needham, *Science and Civilization in China*, vol. 2, Cambridge University Press, 1958, p. 304, 336—337. 但是，并非都这样看。在“第五届中国科技史会议”上，程贞一提交了“The Ching and Ch'in Chiu—Shao as Case Study”，董光璧提交了“The Impact of the Book of Changes on Ancient Science in China”。

不同于它与近代科学的关系。易学与传统科学的关系是处在同一个中国文化整体中的两个部分之间的关系，两者基本上是如水乳交融的。易学与产生自欧洲的近代科学的关系涉及两种不同的文化背景。在东西方两种文化接触之后，莱布尼茨以其二进制数学的观点研究邵雍的易卦符号系统，发现两者之间的某些一致性。而中国的易学研究学者，如方以智（1611—1528）、江永（1681—1762）、焦循等人也曾为沟通易学与西学作过种种努力，20世纪以来又有人以近代科学的观点考察易学的底蕴。所有这类工作都属于解释学的范畴。也只是在解释学的意义上发现易学与近代科学的某些相通之处。易学与近代科学没有发生过有历史意义的整体性关系。但源于科学内部的新自然观和新科学观却预兆了易学与现代科学整体相关的美好前景。

一些科学家自认为他们的新观念的发展方向与东方古典哲学基本上是一致的。可以说现代科学重新发现了易学。有如近代之初，科学重新发现在中世纪被忽视的某些古希腊哲学。因此，易学与现代科学的关系着眼于科学的未来。作为前科学的《周易》及其历史延续的易学，随着自然科学的现代发展会重新获得其生命力，不再是仅能供人欣赏的历史的陈述。人类知识发展的最奇妙之处就在于它的复归性。早在19世纪末恩格斯（Friedrich Engels, 1820—1895）就曾论及现代科学发展与古希腊科学的关系，倡导自然科学家正确认识古希腊哲学中的辩证自然观。100多年后的今天，西方的一些自然科学家把目光转向与近代科学没有渊源关系的东

方古典，包括《周易》在内的中国古典受到重视。作为上一代科学家的量子力学哥本哈根学派的宗师玻尔（Niels Bohr，1885—1962）曾以太极图为互补原理标志作为其族徽图案的核心，当今一代粒子物理学家卡普拉（Fritjof carpra，1936—）又以复卦符号作徽标，这至少反映了现代科学家对古老的《周易》的某种感情。

这种情况并非一时的感情冲动。在人与自然关系异化的今天，易学中的那种“究天人之际”的精神，那种理性与价值合一的生态观，那种整体生成论的方法，对于解决当代人类所面临的全球性危机，确实能以其历史的遗惠为未来科学的发展提供启迪。

李约瑟不把中国传统科学看作一个失败的原型，它的有机的人文主义精神无助于近代科学的形成，却有助今天已显露头角的未来科学。1930年以来，特别是1980年以来，想借助易学的某些观点促进新科学诞生的种种努力，至今尚无一例成功，而且还暴露了不少病科学、丑科学和伪科学意识。但不能因此断言这种努力永无成功的希望。

回想一下古希腊原子论转变为科学的原子理论的艰难步履有助于我们理解当前易科学的困境。由德谟克里特（Demokritos，前460—前370）和卢克莱修（Titus Lucretius Carus，前99—前55）发展起来的原子论，经过整个中世纪的冷落，到17世纪才由加桑狄（Pierre Gassendi，1592—1655）重新提倡而在近代科学中复活。但是，起初由于科学家们囿于古原子论的单质原子概念，两个世纪都未获成功。

19 世纪初，道尔顿（John Dalton，1766 — 1844）把单质原子的概念改造为元素原子的概念，一举确立了原子的科学地位，后继者们发展出原子科学。这个案例证明，爱因斯坦（Albert Einstein，1879 — 1955）关于重新创造真理的论断是极为重要的^①。发展易科学面临的是“重新创造”真理的任务。重新创造真理需要严肃的科学态度，浅薄的比附、无知的狂论、投机的伪造，不仅无济于事而且损害易学和科学的声誉。易科学等待着“准备下地狱”的科学勇士去创造。

科学易与易科学

有关易学的科学研究应区别开“以科学治易学”和“以易学治科学”两种态度^②，前者属于易学的范畴，后者属于科学的范畴。在近代以前的历史中，中国的学问一向把解决“人”的问题放在第一位考虑，作为解决人所面临的自然环

① 许良英等编的《爱因斯坦文集》，第 1 卷，第 84 页，商务印书馆，1976 年。

② 周报《理论信息报》第 231 期（1989 年 12 月 11 日）有李超英以笔名科泛舟写的一个报道：《莫把相似当相同——董光壁谈正确把握易经研究的方向》。这个报道结尾段的第一句“董光壁认为，以科学治经学和以经学治科学都不可取，把一种语言用另一种语言解释一遍不会得出新内容”，不够准确，看到过这一报道的读者请以本文为准。

境以及利用厚生等问题的传统科学技术也不例外。整个传统科学在整体文化中只占居辅助角色。中国古代“科学”巨匠少有纯科学家，当今被视为科学的论著，除工艺、医药、历算、博物外，大都作为辅助部分散在某些人文著作中。中国少有专门的科学著作，传统科学是整合在中国整体文化之中的。由于中国传统科学融化在整体文化之中，使得中国的科学文化与其他文化广泛沟通。易学与科学的交迭也反映着中国科学传统的这种基本状况。正是因为如此，想要区分古人究竟是“以科学治易学”还是“以易学治科学”时，也就比较困难。无论是“以科学治易学”还是“以易学治科学”都曾被攻驳为“牵强附会”。例如，孟、京借天文律历发展易学被斥为儒家经学“异端”或“教外别传”，杨雄创造《太玄》新易系统被斥为“非易”。天文学家刘歆（？—23）和张遂（683—727）把易学卦气说引为历法理论基础的尝试，数学家秦九韶受筮法的启示而著“蓍卦发微”都曾被视为“附会”。这类问题都应重新加以研究。

“以科学治易学”作为易学研究的一种方式，它可以随着科学的发展不断创新对易学经传的理解，从而使易学得以发展。卦气说发展出象数学传统就是一例。莱布尼茨对易卦序的二进制解释，无疑使得这最古老的经典与现代科学衔接起来。“以科学治易学”是保存和发展易学的一种最好的方式，因为科学文化已经成为当今文化中的最先进的部分。但是，它不是唯一的研究方式。易学研究还可以采取其他视角，如哲学的、训古的、社会学的、文学的、历史的等等。

不同的易学研究不必相互排斥。同“以科学治易学”相比，“以易学治科学”难度要大得多。因为前者属于解释学的范畴，而后者则属于科学的范畴。解释学通过理性重构而发掘研究对象中潜在的知识结构，或者说通过“翻译”手段实现理解。理解并不包含创造新知识的要求，而科学的任务则是创造。所以，“以易学治科学”的目的是，借易学的某种观念或方法的启迪进而达到新知识的创造。“以科学治易学”与“以易学治科学”差别是“理解”与“创造”之别。

第一章

易学中的科学原理

导论中已经讲明易学不是科学。我们说它是前科学，应该更严格地说，它包含的自然哲学具有前科学的意义，亦即它具有理性认知的构架及对其所获知识的评价观。在现代理解的意义上，我把它们概括为宇宙秩序原理、方法论原则和科学技术观。

宇宙秩序原理

探索现象背后的“秩序”是科学思想的源头，这在世界各民族都是共通的。希腊文“宇宙”一词即意为“秩序”。与中文“道”字的含意大体一致。易学继承了这种“宇宙”含义，并提出了宇宙秩序原理。生成原理、感应原理和循环原理基本上能概括它们。

●生成原理

生成原理主张，大千世界的事事物物都是从一个本原生化而来。这种生成原理在《道德经》中表述为“道生一，一生二，二生三，三生万物”。在《易经·系辞》表述为：“易有太极，是生两仪，两仪生四象，四象生八卦，八卦定吉凶，吉凶成大业”，并且以筮法的操作将其具体化，以体现自然演化步骤^①。这连续生成的思想发展到北宋形成两种不同的太极生化模式：邵雍的先天图生化模式和周敦颐的太极图生化模式。这两种模式持续影响中国古代传统学术思想千余年。

邵雍先天图生化模式以其先天易卦图式为基础，说明从本原开始的一系列的分叉演生图象。邵氏的先天图说重新安排了八卦方位和六十四卦顺序，并绘之为伏羲先天图。邵氏建先天卦序的指导原理是：

太极既分，两仪立矣，阳下交于阴，阴上交于阳，四象生矣。阳交于阴，阴交于阳，生天之四象，刚交于柔，柔交于刚，而生地之四象，于是八

^① 程贞一：《关于中国对自然步骤的抽象认识》，陈美东等主编《中国科学技术史国际学术讨论会论文集》，第182—191页，中国科学技术出版社，1992年。

卦成矣。八卦相错，然后万物生焉。故一分为二，二分为四，四分为八，八分为十六，十六分为三十二，三十二分为六十四。故曰分阴分阳，递用柔刚，易六位而成章也。十分为百，百分为千，千分为万；犹根之有干，干之有枝，枝之有叶；愈大则愈少，愈细则愈繁，合之斯为一，衍之斯为万。
(《皇极经世书·观物外篇》)

程颐将邵氏的方法称之为“加一倍”法，朱熹称之为“一分为二”法。朱氏注释说，伏羲画卦，仰观俯察，远求近取，其观、察、求、取的对象就是天地万物的生化。他以太极即一理为据说：两仪未分之时存在的只是一混然的太极，这太极之中包含着两仪、四象、八卦和六十四卦之理。太极分为两仪，所分之两仪也各具太极之理。两仪分为四象，其所得之四象实为这两仪的“两仪”。依此类推，一分为二地连续“二分”本质上不过是“太极分两仪”的重演。邵雍创造了数学上合理的易卦衍生次序，朱熹又赋予它自然事物生化的明确意义，使之成为一个完美的分叉生化模式。

周敦颐太极图生化模式与邵雍的生化模式不同，周氏的模式把五行观念纳入其中。周敦颐创“太极图”并著《太极图说》附之于图。周氏的太极图是一个五位生化图式。第一位太极只是一个圆圈，表示无极而太极的本体。第二位是由中央的一个小圆圈和其外左右黑白对称的二圈组成，表示阳动阴静的图象。第三位是五行，木火水金在四维，土居中

位，曲线连结成环网。第四位也只是一个圆圈，注“乾道成男，坤道成女”以象后天八卦。第五位又是一个圆圈，注“万物生化”而象万物。这太极图生化模式，由太极而有阳动阴静，继而有生水火木金土。木属阳配春，火属阳配夏，金属阴配秋，水属阴配冬，土为冲气而兼行四气。这样水火木金土五行顺布，而有四时运行。阴阳五行气化交合而生万物，人亦为造化产物，与天地同体而独秀。这是一个依太极自然之理、本然之妙而不假安排的生化图式。

朱熹是这两个生化模型的最有力的阐释者和推广者。他说：“太极所说，乃生物之初，阴阳之精，自凝结成两个，后来方渐渐生去。万物皆然。如牛羊草木，皆有牝牡，一为阴一为阳。万物有生之初，亦各自有两个。”（《医旨绪余·太极图抄引》）他认为：“凡天下事，一不能化，惟两而后能化。且如一阴一阳，始能生化万物。虽是两个，要之亦是推行乎一尔。”（《倡山堂类辨·辨两肾》）他的这些阐释，是在强调生化的阴阳互动机制的普遍性。

以模型方式提供的生化原理，只是形式化的图象。模型中的元素都是可变的，可因实际现象而作出适当的替代。因此，模型的内容来自其实际应用。其在自然研究中的影响可举在宇宙论和医学中的应用为例。

在宇宙论方面朱熹运用太极生化模型提出了一个离心式宇宙起源假说，并依据这一假说力驳历法家关于天运图式的右旋说，主张左旋说。他以一气有阴阳两种状态的新观点，静为阴而动为阳，阐释生化的对立势力，提出“这一气运

行，磨来磨去，磨得急了，便拶许多渣滓；里面无处出，便形成个地在中央。气之清者便为天，为日月，为星辰，只在外常周环运转。地便在中央不动，不是在下。”（《类经图翼·运气》）这个“地心”宇宙旋涡生成假说，虽不能与600年后康德（Immanuel Kant，1724—1804）的“日心”星云假说相提并论，但在中国历史上是空前的，对以往的气化宇宙补充了一个生成的动力机制。正是以此物理机制为据，他接受了张载（1020—1077）的七曜左旋说。他说：“天道与日月皆是左旋。天道日一周天而常过一度、日亦一周天，起度端，终度端，故比天道常不及一度。月行不及十三度四分之一。今人却云月行速、日行迟，此错说也。”（《医旨绪余·命门图说》）有学者评论说，朱熹的左旋说是落后的观点，他的学生广泛传播其这一观点产生了不好的影响。这是不公平的。两者都是基于运动的相对性解释天体的视运动，虽然在解释现象方面左旋说不如右旋说^①，但从两个假说在各自理论体系中的自洽性看，左旋说是优越的。历法家的右旋说主张，七曜如磨盘上的蚂蚁随天左旋的同时在磨盘上右行，除此比喻没有任何物理根据支持。而左旋说在张载那里，虽言天地七曜都顺气左旋，以七曜顺迟来解释所见为右旋，但只停留在运动学水平而未及动力学。朱熹则是从宇宙形成的动力学机制，阐明所有天体物理运动方向的一致并对视运动作出解释的。

^① 参见阮元《畴人传》“王锡阐”。

在医学领域，太极图生化模式有力地推动了命门学说的的发展。“命门”概念最早见之于《内经》，但《难经》才有了明确的规定：是右肾，藏精系胞，为原气之别使。宋以降，受理学太极说影响，新命门说纷出。赵献可（1573—1644）假定命门在两肾之间，“乃一身之太极，无形可见”（《医贯·内经十二言论》）。张介宾（1562—1639）假定命门在两肾之中，作为人身之太极，由太极以生两仪，而水火具焉，消长系焉，“故为受生之初，为性命之本”（《类经图翼·求正录》）。孙一奎假定命门为两肾间的动气，非水非火，“乃造化之枢纽，阴阳之根蒂，即先天太极，五行由此而生，脏腑以继而成”（《医旨绪余·命门说》）。这些不同的命门说，都是以太极图生化模式为指导的。诸命门说的提倡者，根据太极生阴阳、化五行、育万物的原理，寻找和阐明人身之太极，以理解生命活动的根本。之所以有许多不同的命门说被提出，正表明生化模型作为形式化原理的功能。但不论取何命门说，其生阴阳、化五行的基本模式是不变的。

● 感应原理

感应原理主张事物以气为中介相互关联，基本规则是同类相感。荀子的“水火有气而无生，草木有生而无知，禽兽有知而无义，人有气、有生、有知且有义，故为天下贵也”（《荀子·王制》）的四级分类法，认为世界上一切事物都含有气，为建立以气为中介的关联原理提供了基础。《易传》最

早提出气的感应观念。《易传·感卦彖》有“二气感应以相与……天地感而万物化生……观其所感，而天下万物之情可见矣”，《易传·乾卦文言》提出“同声相应，同气相求……各从其类”，而《易传·系辞上》则给出“感而遂通天下之故”的概括。这是感应原理的最初表达形式。

《吕氏春秋》和《淮南子》进一步将感应原理具体化。《吕氏春秋·应同》说：“类固相召，气同则合，声比则应，鼓宫而宫动，鼓角而角动。平地注水，水流湿。均薪施火，火就燥。山云草莽，水云鱼鳞，旱云烟火，雨云水波，无不皆其所生以示人。故此龙致雨，以形逐影。”《淮南子·览冥训》将《吕氏春秋》的“类固相召，气同则合”发展为“阴阳同气相动”，认为“若夫以火能焦木也，因使销金，则道行矣。若以慈石之能连铁也，而求其引互，则难矣。物故不可以轻重论也。夫阳燧之取火于日，慈石之引铁，蟹之败漆。蓼之乡日，虽有明智，弗能然也。故以智为治者，难以持国，唯通于太和而待自然之应者，为能有之。”

董仲舒（前 179 — 前 104）的《春秋繁露·同类相动》对感应原理作了系统的论述。为理解古人之思路，不予加减而照录如下：

今平地注水，去燥就湿；均薪施水，去湿就燥；百物去其所异，而从其所与同。故同气则会，声比则应，其验皎然也。试调琴瑟而错之，鼓其宫，则他宫应之，鼓其商，则他商应之，五音比而

自鸣，非有神，其数然也。美事召美类，恶事召恶类，类之相应而起也，如马鸣则马应之，牛鸣则牛应之。帝王之将兴也，其美祥亦先见，其将亡也，妖孽亦先见，物故以类相召也，故以龙致雨，以扇逐暑，军之所处，以给棘楚，美恶皆有从来以为命，莫知其所处。天将阴雨，人之病故为之先动，是阴相应而起也；天将欲阴雨，又使人欲睡卧者，阴气也；有尤者，亦使人卧者，是阴相求也；有喜者，使人不欲卧者，是阳相索也；水得夜，益长数分；东风而酒湛溢；病者至夜，而疾益甚；鸡至几明，皆鸣而相薄，其气益精；故阳益阳，而阴益阴，阴阳之气可以类相益损也。天有阴阳，人亦有阴阳，天地之阴气起，而人之阴气应之而起；人之阴气起，天地之阴气亦宜应之而起，其道一也。明于此者，欲致雨，则动阴以起阴，欲止雨，则动阳以起阳，故致雨，非神也，而疑于神者，其理微妙也。非独阴阳之气可以类进退也，虽不祥祸福所从生率由是也，无非已先起之，而物以类应之而动者也。故琴瑟报，弹其宫，他宫自鸣而应之，此物之以类动者也，其动以声而无形，人不见其动之形，则谓之自鸣也；又相动无形，则谓之自然，其实非自然也，有使之然者矣，物固有实使之，其使之无形。《尚书》传言：“周将兴之时，有大赤鸟衔谷之种，而集王屋之上者，武王喜，诸大臣皆喜。周公

曰：茂哉！茂哉！”天之见此以劝之也。恐恃之。

以上所录，无论是《吕氏春秋·应同》的“类固相召，气同则合”，还是《淮南子·览冥训》的“阴阳同气相动”，特别是《春秋繁露·同类相动》的“美事召美类，恶事召恶类”和“阴阳之气可以类相益损”。虽然是以自然物“召类”现象立“感应”原理，但其主旨则是以此原理为据论说天与人的关系，把灾祥之降说成是由于气的传递对人事作出的反应。这种思想随着董仲舒的儒学理论成为官方意识形态而产生广泛的影响。如西汉末大臣王音说：“天地之气，以类相应，谴告人君，甚微而著。”（《因雉雊上言》）翼奉说：“人气内逆，则感动天地。天变见于星气日蚀，地变见于奇物震动。”（《因灾异应诏上封事》）此谓“天人感应”论。至东汉，王充（27？—97）把感应论从“天人感应”论扭转向“自然感应”论，使感应原理成为自然研究的一条指导原理。

王充认真研究了許多被称为天降灾异的现象，如日月食、雷电等，认为都是有规律可循的自然现象。并非天对人作出的反应。在批评天人感应论的过程中他发展了自然感应原理，提出气的感应是一种力，感应有主有从，感应的强弱与距离有关。他主张“天地，含气之自然也”（《论衡·谈天》）、“天地合气，万物自生，犹夫妇合气，子自生矣”（《论衡·自然》），强调“同类通气，性相感动”（《论衡·偶会》）。然而他认为，天人之间的感应同物与物的感应道理同一，但因感应原则是大能动小而小不能动大，且近者强烈而远着微

弱，天能影响人但人不能影响天。虽然王充的自然感应论把“象类”列入可感应的对象，而失其科学性。如在《论衡·乱龙》中，他把土龙致雨、孟尝客为鸡鸣以开秦关、木囚判罪正否、禹铸金鼎入山林以避凶殃、慈石钩象亦能掇芥、叶公画龙致真龙、悟司之事、门神桃人、鲁班木鸢似鸟翔、木鱼饵鱼、匈奴畏郅都木像、涕泣图画之母、孔门弟子拜貌像孔子若真等十五事，以人伪致真的“象类”感应效验论，实为感应原理泛用之表现。但是，气论的自然感应论在中国传统的“物理之学”中仍得以运用和发展。

由感应原理解释电磁现象有一串历史记载。《淮南子·览冥训》记“慈石引铁”作为“览观幽冥变化之端，至精感天通达无极”之例，并未对此予以解释。王充论“司南之杓，投之于地，其柢指南”（《论衡·是应》），始对磁现象作出感应论的解释：“顿车掇芥，磁石引针，皆以其真是，不假他类；他类肖似，不能掇取者，何也？气性异殊，不能相感动也。”（《论衡·乱龙》）自汉代发现指南杓的指向性以后，经改进而于7—8世纪出现了指南针。《太平御览》卷九四九明确记载有指向用的“悬针”，以丝线悬吊磁针。在沈括（1031—1095）的《梦溪笔谈》中记载了四种结构的磁针罗盘。《宋史》卷二〇六附载的《一行地理经》记载唐代张遂已发现磁北极偏2度多，《梦溪笔谈》也有记载。12世纪的寇宗奭在《本草衍义》中还对磁偏角提出一种感应论的解释，认为磁针常偏向罗盘之丙位是因为丙属火而辛属金，金属针本应偏辛位，但丙火克金而使生偏差。18世纪的范宜

宾在其《罗经精一解》中，按伏羲卦的阳趋左而阴趋右之说，提出南方有随阳上升的影响使其偏左而北方有随阴下降的影响使其偏右，这也属感应论的一种解释。

潮汐现象的解释问题，亦成为感应原理的用武之地。王充首先注意到潮汐与月亮盈亏的关联，“随月盛衰，小大满损不齐同”（《论衡·书虚》）。唐代的封演《封氏闻见记》有《说潮》专篇，认为“月，阴精也，水阴气也。潜相感致，体于盈缩也”。而封演稍后的窦叔蒙也著《海涛志》，其论以月为阴类宗主和海是水之家，阴与阴感动而有海涛起。后卢肇著《海潮赋》，他虽承认月与水的同类感召，但认为海涛起因于太阳夜间入海的水火相激、阴阳相荡，月亮的作用在于通过其与日的会合、分离的影响调节海涛的大小。五代时的邱光庭则以大地吐纳阴阳二气而升降为基础，认为朔望日阴阳交会，地吐气多并下沉而起大潮，因先感后应的时间差而导致大潮不恰在朔望日。宋代学者多袭邱氏潮汐说，反驳卢氏说。元末史伯璇作《管窥外编》，在论及海潮时，以月距地面遥远，“水无从月之理”，怀疑潮水涨落起因于月水感应。就感应原理运用于潮汐研究之纷争，足见科学化之不易。

在传统医学领域，感应原理被强调到不适当的程度。把人体看作个小天地，在天与人之间作出种种牵强的比附，以寻找气的作用。在传统中医学理论中，人体的生理、病理以及诊治和预防原则，都是以气的中介作用为基础的。天气变化影响人体生理活动，天气过分是致病的原因，诊断是候人

体之气，药物的作用是由于它在体内气化而沿经脉传递，针灸的作用在于刺激气穴。感应原理在医学中的运用最有意义之处，或许是原始时间医学观念的形成。中医学依据天人节律的统一性，推论并研究了人身体的年节律、月节律、日节律，甚至还有“超年节律”，作为诊断、治疗的一种依据。

●循环原理

循环原理主张一切自然过程都是终而返始的。它是中国先哲们对自然界的种种周期运动现象的一种概括，并在阴阳概念的基础上将其提升为宇宙秩序的一个原理。最初见于《老子》，《易传》进一步将其模式化。在《老子》那里，循环作为道的一种规律，“有物混成，先天地生；寂兮寥兮，独立而不改，周行而不殆，可以为天下母；吾不知其名，字之曰道。”（《老子》第二十五章），以“道曰大、曰逝、曰远、曰反”来刻画其循环过程的特征。《易经》的八卦和六十四卦是以阴爻（--）和阳爻（—）两种符号组成两种基本循环模式。《周易》的经、传之文用“无往不复”、“原始反终”、“往来无穷”诸语强调循环思想。《易传·系辞上》说：“圣人设卦观象，系辞焉而明吉凶，刚柔相推而生变化。是故，吉凶者得失之象也。悔吝者，忧虞之象也。变化者，进退之象也。刚柔者，昼夜之象也。六爻动三极之道也。”

历代鸿儒无不崇尚循环原理。荀子说：“始则终，终则始，若环之无端，舍是而天下以衰矣……始则终，终则始，

与天地同理。”（荀子·王制）刘禹锡说：“法为清母，重为轻始。两位既仪，还相为庸。嘘为雨露，噫为雷风。乘气而生，群分汇从。……纪纲或坏，复归其始。”（《天论》下）邵雍说：“万物皆反生，阴生阳，阳生阴，阴复生阳，阳复生阴，是以循环无穷也。”（《皇极经世书·观物外篇》）朱熹说：“动静无端，阴阳无始；说道有，有无底在前，说道无有有底在前，是循环物事。”（《朱子语类》卷九十四）罗钦顺说：“通天地，亘古今，无非一气而已。气本一也，而一动一静，一往一来，一阖一辟，一升一降，循环无已。”（《困知记》）黄宗羲说：“大化之流行，只一气充周无间……循环无端，所谓生生之为易也。”（《黄梨洲文集·与友人论学书》）

“循环”作为研究工作的指导原理对中国学术思想的影响是复杂而又深远的。在科技方面，古代学者以循环原理为指导对自然界中种种周期现象的观察和利用硕果累累。如对日月和行星视运动周期的精确观测以及协调这些周期而编制种种历法，又如依据循环原理所获得的关于人体经络和血气循环环路，再如受循环原理启迪而沿五运六气说确定的中原地区气候变迁的60年大周期，还有农业生产中的轮作制等，诸如此类的自然科学领域内的诸成就，多为现代学者所认同。但邹衍的“五德终始”和董仲舒的“三统”王朝更替说，以及邵雍的历史循环论，因与历史进化观相背而遭现代学者唾弃。但现代学者从数学以及通过当代最新科学成果的印证，发现了以阴阳为基础的五行循环结构的系统意义。

当代美国学者卡普拉的见解具有代表性。他在其著作《转折点》（1982年）中说：

中国人引进极性相反的阴和阳，给这一循环思想一个明确的结构，用两极规定变化的循环：阳极生阴，阴极生阳。……自然的和生命的现象都具有相反的两极形相。它们不属于不同的类，而是属于单一整体的极端。……没有什么事物只是阴或只是阳。一切自然现象都是两极之间的一个连续振荡的显示，一切转化都逐渐并且在一个完整的过程中发生。自然秩序是阴阳之间的动态平衡过程。

对于阴阳符号，中国人使用了一个“五行”系统……“行”意味着“行为”或“做”，并且与木、火、土、金和水相联系的五个概念，表示在一个很明确的循环秩序中相继并且相互影响的量……中国人从“五行”导出一个延扩到整个宇宙的相似系统。感官、天气、颜色、声音、身体部位、感情的状态、社会关系以及各种各样的现象都被分为与“五行”相应的五种类型。当“五行”理论与阴阳循环一起运用时，结果是一个精巧的系统，其中宇宙的每个方面都被描述为一个动态图象整体的一部分。

以上述卡普拉的论述代替我们对五行循环系统的描述，

意在显示中西学者的共识。对卡普拉的论述还需补充的是，可以数学地证明，以生克两种循环构成的五行系统，是最简单的稳定系统。

循环原理的哲学意义在于它可以解决进化和退化的矛盾。19世纪中叶，生物学和物理学分别提出了各自的自然演化理论。生物进化论依据生物表型的比较研究，论证物种演化的总趋势是由简单到复杂的方向发展，并且推广这一结论，认为自然界的发展是从无机到有机，从无生命到有生命。而人文学者又接过生物进化论，把它转变为有科学支持的社会进化论，认为自然界发展出生命后的重大进化是由动物发展出人类，人类的发展形成不断进步的社会。但是，物理学提供的理论却恰恰相反，根据对热现象的研究，孤立系统的演化趋势是达到熵极大的平衡状态，把这种演化论推下去得出，按照一切运动都最后耗散为热，那么整个宇宙将最终达到熵极大的热死状态。生物进化论为人类提供了一个乐观的前景，而热力学的熵原理则预言了一个人类的末日。面对这种矛盾，有两种解决问题的途径：一个是审查局部科学原理运用于整个宇宙的合理性，另一个是借用循环论消解矛盾。恩格斯既否认熵原理对宇宙的适用性，又提出宇宙大循环假说克服这种悲观的宇宙热寂说。他假定放射到太空中的热一定会通过某种途径转变为另一种形式，使已死的太阳重新转化为炽热的星云，进而开始新的进化，直至出现智慧的花朵。而朱熹的宇宙循环假说却是恩格斯宇宙大循环假说的先驱。人们非常熟悉朱熹的以气论为基础的“离心宇宙模

型”，鲜知他的太极循环说。朱熹的“太极”概念有三义：就理的层面说，太极为至理；就数的层面说，太极为数之源，即大衍之数五十或去一不用之“一”；就万物总根源层面说，太极为造化之枢纽。他认为“太极分开，只是两阴阳，括尽了天下事物”，这阴阳统体的太极概念是他的宇宙循环说的基础。他把周敦颐的“无极而太极”的一次生成图试，改造成太极生灭的循环：“太极之前有太极”；混沌开光明生，“光明之前是黑暗，黑暗之前有光明”；宇宙就太极生灭、明暗交替的无尽之循环。在《朱子语类》中记载了朱熹的这些思想。

从科学的层面看，宇宙循环假说是有意义的吗？只要想一想我们的科学原理至今只有物质之间的转化和守恒、能量之间的转化和守恒，只要物质和能量的种类是有限的，终归要被耗尽而达终点；只有宇宙大循环原理在物质和能量有限的条件下才有“回天”之力。自然科学要寻找各种循环原理，克服物质、能量乃至信息的耗尽危机，给人类以乐观的科学根据。这种宇宙大循环是科学上可能的吗？现代宇宙学中的尚不成熟的负质量概念，为建立宇宙大循环的科学图式提供了一条有用的线索。假定宇宙中只存在具有正质量和负质量的两种物质，它们分别只具有引力和斥力，就可以在不违反动量守恒、能量守恒，并且在与广义相对论相容的条件下，提供物质自己运动和冷的星球重新炽热的物理机制，为科学的宇宙循环图象的建立提供线索。由此看来，循环原理可能在现代科学中获得新的生命力。

方法论原则

易学中没有明确的“方法”概念，但《易传·系辞上》第十一章有方法之意味：“蓍之德圆而神，卦之德方以知……神以知来，知以藏往……明于天之道，而察于民之故……见乃谓之象，形乃谓之器，制而用之谓之法……”荀爽注释说：“观象于天，观形于地，制而用之可以为法。”孔颖达注释说：“言圣人裁制其物而施用之垂为模范。”如果我们不完全局守词义，还是可以发现易学中有关获取知识的方法论原理的，从对传统科学影响考察，我们将其归纳为三论：象数论、比类论和实验论。

● 象数论

象数论主张以符号系统及其内蕴的数学规则，表征事物的变化和关联。以阴爻（--）和阳爻（—）两个符号组合而成的“八卦”和“六十四卦”符号系统及其以自然数奇偶性为基础的数字学，作为象数由历代易学家持续不断的研究而被发展，其神秘的魅力之所以经久不衰，在于人类对于符号的追求。

《易》之为书的基础是先人创造的八卦和六十四卦符号系统。卦爻辞是作为占验记录而系之于卦象符号的。当《易

传》的作者们借这本占筮书阐释某些哲理时，并没有贬低卦象符号的作用和意义，主张“立象以尽意，设卦以尽情伪”（《易传·系辞上》）。他们明确地规定了八卦符号的基本象征意义，给出六十四卦序的类因果说明、提出关于发明和发现程序的“制器尚象”观。

六十四卦三百八十四爻这一特殊的符号系统，其组合变换能给人以无穷的想像余地，为表征复杂系统的巨大信息量提供了可用的形式。仅就这种形式系统的变换的复杂程度说，现代科学中的任何一个符号系统都是望尘莫及的。因此，历代都有一批易学家力图将其发展为容纳社会、人生和自然的包罗万象的象数宇宙图式。汉代易学中形成象数派，至宋代又分裂为数学派和象学派，到元明时期形成易图学。在以象数原理为指导思想的易学这一支派的发展历史中，易学与科学的互动最为明显。一方面，易学吸收科学知识解易；另一方面，科学则以象数观构建科学理论；同时易学象数研究本身的一部分属于名副其实的科学——原始组合科学。就天文学说，汉代兴起的卦气说是以历法成就为其科学基础的；而卦气说由于刘歆的提倡，曾成为张衡和张遂等天文学家探讨历理的出发点。虽然以易衍历的企图未成功，但易卦作为历法表示系统却沿用千余年之久。而且以象数为媒介的历律融通思想，不但形成历律合帙数代的历史事实，而且推动着京房等人探索满足旋宫转调的音律系统，启迪明代数学家、音律家朱载堉（1536—1610）创建十二平均率。就数学来说，易学吸收数学知识解易，虽未造成有如卦气说

那样的效果，清代理学家李光地（1642 — 1718）以勾股解河洛图，清代经学家焦循（1763 — 1820）以代数比例和二项式定理解易，也都不无新意。易学关于数的形上讨论，把古人对数的研究引向数术和数学两种不同的进路。刘徽以来一些古代数学家把河图洛书看作数学的远源，无疑是对易学形象观的某种认同。秦九韶发现大衍筮法的同余结构并进而发明作为一次同余式求解程序的“大衍求一术”是数学史上的一个奇迹。沿象数思想的一系列有关易图的研讨，相当一部分属于组合数学的范畴。其中最引人注意的是从九宫数开始的河洛理数研讨导致纵横图的研究。杨雄《太玄》符号系的三进制数表的含义和邵雍易图的二进制数表的含义今已成为定论。而易学中的“飞伏”说、“复变”说、“错综”说作为符号分类原理，各种“卦变”说作为符号生成法则，诸多卦序说作为符号排序规则，诸如此类的象数学说的数学意义愈来愈明朗。

“立象以尽意，设卦以尽情伪”的象数原理的本质在于，它是一种符号原理。这一原理的提出以及象数符号系统的长足发展，反映了中华民族对于抽象符号的能力和兴趣。被誉为近代科学之父的伽利略（Galileo Galilei, 1564 — 1642）曾说过，哲学是写在宇宙大书中的，虽然这本书时时刻刻向我们打开着，但是除非人们先学会书里所用的语言，掌握书里的符号，否则不可能理解这本书。他说自然之书是用数学语言写的，符号是三角形、圆形和别的几何图形，没有这些符号，人类连一个字也不会认识，人们仍将在黑暗的迷宫中

徘徊。德国哲学家卡西勒 (Ernst Cassirer, 1874 — 1945) 进一步在符号创造了人类的意义上崇尚符号的功能: “对于理解人类文化生活形式的丰富性和多样性来说, 理解是很不充分的名称。但是, 所有这些文化形式都是符号的形式。因此, 我们应当把人定义为符号的动物来取代把人定义为理性的动物。只有这样, 我们才能指明人类的独特之处, 也才能理解对人开放的新路——通向文化之路。” (《论人》) 但是, 创造世界最古老符号系统的中国人, 却没能借助象数原理和象数符号系统创造出适于近代科学的符号系统。这给中西文化比较研究留下一个历史疑难。

● 比类论

比类论是一种以功能模型为参照对事物进行分类和类比推理的理论, 源于《易传》。在对于自然现象的研究中被广泛应用并发展, 形成由据象归类、取象比类和运数比类为构架的系统性的方法论。

一般说来,《周易》是象、数、义、理统一的一种极特殊的理论体系。《周易》中的“象”所指, 既是事物的外在形象更意味着一种象征, 在大多数场合它意指经验的形象化和象征化, 或者说是模型。规定着经验形象和象征符号关系的是“数”。“义”是象征在数的关系中所呈现的意义及其凝结成的概念。意义和概念进一步发挥为命题和判断并系统化, 便形成为“理”。比类论就是这种象、数、义、理统一

的构架下的一种方法论。

据象归类 在中国历史上，作为具有相同属性的事物之汇集的“类”的概念，有较长的演变历程。在商周时期“类”这个词是作为祭名出现的，如《尚书·尧典》中“肆类上帝，禋于六宗”。后又转义为善，如《周书》中“言行不类，始终于悖”。至春秋时期开始向逻辑范畴转变，如《左传》中“非我族类，其心必异”和《国语》“物象天地，比类百则”。在《墨子》这部著作有关逻辑的论述中，“类”与“故”和“理”形成三个基本范畴。《易传》把卦爻系统所蕴含的分类思想明确陈述出来。《易传·系辞》开宗明义：“天尊地卑，乾坤定矣，卑高以陈，贵贱位矣。动静有常，刚柔断矣。方以类聚，物以群分，吉凶生矣。在天成象，在地成形，变化具矣。是故刚柔相济，八卦相荡。”卦爻系统是表达“类聚”、“群分”的符号系统。这种符号系统是据象归类的模型。若联系《易传·系辞下》的“《易》者，象也。象也者，像也。”和“爻也者，效此者也。象也者，像此者也。”理解，卦爻符号的模型意义显然是清楚的。《易传·说卦》关于八卦象的论说，是据象归类的一种示范。

《易传》之后，孟子倡“知类”（《孟子·告子》），荀子论“统类”（《荀子·儒效》），分类思想愈明。秦汉时期，五行学说被吸收到易学中以后，阴阳、五行和易卦成为据象归类的基本参照模型。因为阴阳消长、五行传变、八卦相荡，这种参照模型是动态的。这种功能性的动态参照模型，在建立中医经络和脏象理论过程中曾起过重要作用。这种据相归类思

想，在邵雍手里发展为阴阳刚柔、日月星辰、水火土石、草木走飞等的“四元”分类法，在江永手里形成“河图为物理根源图”。

取象比类 “比类”一词虽早出《国语》，但作为一种推理方法陈述出来则在《内经》：“善为脉者，必以比类奇恒，从容知之。”“不知比类，足以自乱，不足以自明。”（《素问·示从容论》）《内经》提出两种具体的比类方法：“别异比类”和“援物比类”，后人概称之为“取象比类”。《素问·五藏生成论》论说“脉之小、大，滑、涩，浮、沉，可以指别；五藏之象，可以类推”；《素问·疏五过》复言“别异比类，犹未能以十全”。“别异比类”方法可依脉象辨五脏是否正常，并非十全十美。《素问·示从容论》倡导“夫圣人之治病，循法守度，援物比类，化之冥冥”，即从远缘事物中寻找相通之处，以作类比推演。中医学以六爻系统为参照模型建立六脏六经循环系统和以五行系统为参照模型建立脏象体系，是“取象比类”方法早期应用之典型。后世张介宾又发展出以卦爻系统为参照模型类推病情演变，即“以卦象测病情”（《类经附翼·医易》）。

历代儒学大师发挥《易传》“古者包牺氏之王天下也，仰则观象于天，俯则观法于地，观鸟兽之文，与地之宜，近取诸身，远取诸物，于是始作八卦，以通神明之德，以类万物之情”和“引而伸之，触类而长之，天下之能事毕矣”（《易传·系辞下》）的思想，完善“比类”理论。荀子强调“以类行杂，以一行万”（《王制篇》）、“以类度类”（《非相

篇》)、“推类而不悖”(《正名篇》)等。董仲舒提出“以比贯类”(《春秋繁露·玉杯篇》)。程颐(1033—1107)赋予“格物致知”以演绎推理的含义,主张“格物穷理,非是要尽穷天下之物,但于一事上穷尽,其他可以类推”(《遗书》卷十五)。朱熹把类推看作是“从上面做下来”的演绎和“从下面做上去”的归纳的结合。王夫之(1619—1692)提出“比类相关”的推理方法:“或始同而终异,或始异而终同,比类相关,乃知此物所以成彼物之利”(《张子正蒙注》)。

在儒学比类论发展的过程中,“比类”的推理方法在自然研究中得到广泛的应用。沈括创立垛积术,宋应星(1587—约1666)提出声波说,是“比类”方法成功应用的典型。在传统医学中有成功的应用,也有索强的比附。汉代的“分野”说,显然也是“比类”的一种“成果”,但很难说它有什么科学价值。诸多不成功,一方面是由于应用者失慎,却忘了“类不可必推”(《淮南子·说林训》);另一方面是比类论本身的不完善,诸如“相似缺补”、“相似归并”、“渐近归并”等类比推理形式尚没有概念清晰的区分。

运数比类 象与数的关系是运数比类的根据。《易传》“极其数,遂定天下之象”(《系辞上》)和“极数知来之谓占”(《系辞上》)原本为论占筮,但在数学家手里却可沿数与形(象)的关系衍生出运数比类的推理方法。这种方法成功的应用,又加深了学者对象与数关系的认识。

《周髀算经》立圭表观日影,依勾股定理推断日地距离,据圆周率测量日月周天行度。今天的中学生都懂得其中的道

理，并能成功地操作。但是，在中国历史上，它是“运数比类”推理方法的科学示范。赵爽（3世纪人）注《周髀》而援《易传》论“知道”说：“引而伸之，触类而长之，天下之能事矣，故谓之知道也。”“运数比类”推理方法在发展科学中的作用，刘徽的数学研究提供了又一范例，下面予以稍详的介绍，以此示明它的基本精神和意义。

刘徽在其《九章算数注》中，明确阐述了类推作为数学研究方法的意义。他在序言中说：“事类相推，各有攸归，故枝条虽分而同杆者，知发其一端而已。”序言的结尾则直接引《易传》语作总结：“触类而长之，则虽幽遐诡，靡所不入。博物君子，详而览焉。”若想了解其如何借助比类方法获得丰硕科学成果，莫过看他对“率”的概念的阐述及其运用。刘徽注《九章算术》，实质上是以“率”的概念为基础，重构其理论体系。我们似可把刘徽的数学成就称为“率论”。

刘徽对“率”给出明确的定义：“凡数相与者谓之率。率者，自相与通。有分则可散，分重叠则可约也。等除法实，相与率也。”（《九章算术注·方田十八》）这里的“相与”即相关，“通”即相通，“分”指分数，“散”指散分，“约”指约分，“法”为除数，“实”为被除数。这个定义是说，具有分数关系的数可称之率。也就是说，刘徽以相比关系定义了“率”。但必须注意，古算中率的概念不意指两个数的比值，而是着眼可比关系。如圆的周长与其直径相关，故而可称“周率”和“径率”。至此，我们已初步领略了刘徽“率”

的概念中的“比类”意义。

刘徽的率论有两个基本法则，即齐同术和今有术。齐同术即通分法，今有术即四项比例算法。他以率的概念重建齐同理论，是以数的分类为出发点的。他说：“方以类聚，物以群分。数同类者无远，数异类者无近。远而通体者，虽异位而相同也；近而殊形者，虽同列而相违也。”（《九章算术注·方田九》）这里刘徽援《易传》类聚群分观说明同类数方可比较和运算的道理。对于分数来说，“同者，相与通同，共一母也”，即分母相同的分数可以视为同类数。所以，齐同方法的实质就是化异类为同类，变相违为相通的数量变形方法，将错互不通之率转变为相通之率。关于今有术，刘徽的注释在比类的意义上扩大其方法论的地位。他说：“此都术也。凡九数以为篇名，可以广施诸率，所谓告往而知来，举一隅而三隅反者也。诚能分诡数之纷杂，通彼此之否塞，因物成率，审辨名分，平其偏颇，齐其参差，则终无不归于此术也。”（《九章算术注·粟米》）强调着眼于寻找事物间的比率关系，推广而用之。他把今有术视为率论通向应用的桥梁。

在率的概念基础，刘徽把齐同术和今有术改造成解决数学问题的通法。他把《九章算术》中的分数、衰分、均输、盈不足、方程等诸多程式，都当作一组率或几组率的组合，把一切数学演算都最终归结为“乘以散之，约以聚之，齐同以通之”三种基本演算。刘徽不仅以其率论重建了《九章算术》的理论体系，奠定了不同于西方的中国数学体系的代数

特征，而且他还以率论为指导首创“割圆求”和“重差术”。运数比类方法在数学研究中发挥了它的巨大效用。

● 实验论

实验论为《易传》中“仰观俯察”思想所衍生，从“观察”进到“效验”、“测验”、“试验”、“质测”、“实测”等概念并发展而成的一种科学方法论，主张以实事检验假说，由实践获取真知识，凭实证确认理论。

“实验”一词源出于王充的《论衡·乱龙篇》。该篇借董仲舒“土龙招雨”说事，列举十五种象类效验，论述“气类相感”自然之理。其中说到：“此尚因缘昔书，不见实验。”“实”者，真也；“验”者，证也。在中国思想史上，王充的“效验”说、沈括的“测验”说、宋应星的“试验”说、方以智的“质测”说严复的“实测”说，相袭递进而形成自然科学的实验方法论。

效验 以直接或间接的经验事实，推定论事真伪的一种方法。在中国传统科技和思维发展的基础上，王充明确提出“凡论事者，违实不引效验，则虽甘义繁说，众不见信”（《论衡·知实篇》）和“事莫明于有效，论莫定于有证”（《论衡·薄葬篇》）的方法论观点及命题。在其《论衡·雷虚篇》中，他以5种效验辨伪“推人道以论之”的雷为“天怒”的妄说，论证他自己提出的“雷火”说：

何以为验之？雷者火也。以人中雷而死，即询其身，中头则须发烧焦，中身则皮肤灼溃，临其尸上闻火气，一验也。道术之家，以为雷烧石色赤，投于井中，石焦井寒，激声犬鸣，若雷之状，二验也。人伤于寒，寒气直腹，腹中素温，温寒分争，激气雷鸣，三验也。当雷之时，电光时见，大若火之耀，四验也。当雷之击，时或燔人室屋及地草木，五验也。夫论雷之为火有五验，言雷天怒无一效。然则雷为天怒，虚忘之言。

此段为王充对其雷火假说的论证。此种论证的实质在于，以经验事实验证假说，以雷之声、光和灼烧如火为验，支持其雷火说。此例论证虽不严密，如以腹鸣类比雷声，终可为“效验”说之一论证典范。

测验 “验”的概念加一“测”字，把“效验”说又向前推进一步，增加了操作和数量的内涵。虽然汉武帝时编制太初历的天文学家们就提出“历本之验在于天”（《汉书·律历志》），南北朝时祖冲之（429—500）也曾论说“唐篇夏典，莫不揆量。周正汉朔，咸加核验”及“夫甄耀测象者，必料分析度，考往验来，准以实见”（《宋书·律历志》），但直待宋代才有沈括明确提出科学的“测验”概念：

前世修历，多只增损旧历而已，未尝实考天度。其法须测验每夜昏、晓、夜半月及五星所在度

秒，置簿录之，满五年，其间删去云阴及昼见日数外，可得三年实行，然后以算术缓之。（《梦溪笔谈》卷八、象数二）

沈括的“测验”概念为其后天文学家郭守敬（1231—1316）采用并发展。郭提出：“历之本在于测验，而测验之器莫先仪表。”（《元史·郭守敬传》）测量仪器的重要性被明确地提出来。沈括还把“测验”提高到“验量”：

熙宁中，议改疏洛水入汴。予尝因出使，按行汴渠，自京师上善门量至泗州滩口，凡八百四十里一百三十步。地势，京师之地比泗州凡高十九丈四尺八寸六分，……验量地势，用水平望尺、千尺量之，不能无小差，汴渠提外，皆是出土故沟水，仿相通，时为一堰节其水，候水平，其上渐浅涸，则又为一堰相齿如所陆，乃量堰之上下水面，相高下之数会之，乃得地势高下之实。（《梦溪笔谈》卷二十五杂志二）

试验 与“效验”和“测验”概念相比，试验概念内涵之特征在于，它属于创造现象的实践，春秋战国时期《墨经》中关于小孔成像等光学现象的描述，《汉书》中有关“埋管飞灰”候气的描述，王充《论衡》记载的指南“司勺”装置，丹书和医典有关火药配方的记述，沈括的琴弦共振设

计等，都是人工创造现象以获取知识的实践，但未有概念性的概括。至明代，朱载堉不仅在历法研究中沿用“测验”概念，主张“欲求精密，则须依凭象器测验天”（《律历融通·黄钟历议》），而且在律学研究中提出“试验”（《律学新说·密率求圆幂第一》）的概念。其后有宋应星主张“穷究试验”（《天工开物·膏液》），他除了做许多试验外，还设计了一个思想试验：

人育于气，必旁通运旋之气而后不死。气一息不四通，谓之气死，而大命尽焉。试兀坐十笏阁中，周匝封糊，历三饭之久，而视其人，人死矣。（《论气·水尘》）

宋应星的这个有关呼吸的思想试验，其方法论意义，不仅在于控制过程的实验内涵，而且把实验视为一种理性推理的工具。

质测 在西学东渐之初，对自然科学经验方法的一种汉语概括。方以智（1611—1671）著《物理小识》，其论及编录缘起时说：“每有所闻，分条别记。……（诸书）所言或无征，或试之不验，此贵质测，征其确然耳者，然不记之，则久不可识，必待其征实而后汇之……”此意已甚明，但他在《物理小识·自序》中，所给定义更精：

物有其故，实考究之，大而元会，小而草木蠹

蠕，类其性情，征其好恶，推其常变，是曰质测。

王夫之赞之说：“密翁与其公子为‘质测’之学，诚学思兼致之实功。盖格物者即物以穷理，惟‘质测’为得之。”（《搔首问》）在方以智看来，考天测地、象数、律历、音声、医药皆为“质之通者”，而专言治教者为“牢理”。这无疑有益于将自然研究从儒学中独立出来发展。

实测 初为焦循对推步测天方法的推广概念，后由严复（1853—1921）在其译著《穆勒名学》中将其格定为具有归纳意义的认识方法。焦循在其《易图略·序》中介绍他如何以测天之法测易而得到旁通、相错、时行三个概念时说：

余初不知何为相错，实测经文、传文，而后知比例之义出于相错，不知相错则比例之义不明。余初不知其何为“旁通”，实测其经文、传文，而后知升降之妙出于旁通，不知旁通则升降之妙不著。余初不知何为时行，实测其经文、传文，而后其变化之道出于时行，不知时行则变化知道不神。未实测全《易》之先，胸中本无此三者之名。既实测于全《易》，觉经文、传文有如是者乃孔子所谓相错，有如是者乃孔子所谓旁通，有如是者乃孔子所谓时行。

很明显，焦循这段话实质上是说，他运用归纳法获得作为解易原理的三个概念。严复将归纳法称作“实测内揣之学”，与焦循不尽相同。焦循受中国传统天文学的启发达到“实测”的概念，而严复则是受西方自然科学和归纳法的启发而强调“即物实测”并提倡“实测内揣之学”的，并且有几分对抗中国传统“心成之说”的寓意。

至此，通过对“实验”概念的语源以及“效验”、“测验”、“试验”、“质测”和“实测”诸概念厘定的历史介绍，儒学传统的实验论发展脉络大体已明。可以结论，历代学者的发展，通过外延的缩小和内涵的扩大，最终与近代自然科学实验方法论接轨。

科学技术观

“科学”和“技术”概念是近代输入的“舶来品”。中国古代本无作为整体的“科学”和“技术”这种概念。所以，我们所说的“科学技术观”是在古今类比意义上，对古代有关科技思想作出的并非无意义的某种选择。我们的选在择是：“制器尚象”观、“天工开物”观和“道术一本”观。

● “制器尚象”观

“制器尚象”乃易学关于创造和发明程序的一种理论观

点，主张取象自然形构制器以行人道。《易传·系辞上》提出：“易有圣人之道四焉，以言者尚其辞，以动者尚其象，以卜筮者尚其占。”这里将“制器尚象”列为易之“四道”之一。《易传·系辞下》下述的一段话可视为《易传·系辞》作者对“制器尚象”的一个注释：

古者包牺氏之王天下也，仰则观象于天，俯则观法于地，观鸟兽之文与地之宜，近取诸身，远取诸物，于是始作八卦，以通神明之德，以类万物之情。作结绳而为网罟，以佃以渔，盖取诸离。包牺氏没，神农氏作，斫木为耜，揉木为耒，耒耨之利以教天下，盖取诸益。日中为市，致天下之民，聚天下之货，交易而退，各得其所，盖取诸噬嗑。神农氏没，黄帝尧舜氏作，通其变，使民不倦，神而化之，使民宜之。易，穷则变，变则通，通则久，是以自天祐之，吉无不利。黄帝尧舜垂衣裳而天下治，盖取诸乾坤。剡木为舟，剡木为楫。舟楫之利，以济不通，致远以利天下，盖取诸涣。服牛乘马，引重致远以利天下，盖取诸随。重门击柝以待暴客，盖取诸豫。断木为杵，掘地为臼，杵臼之利，万民以济，盖取诸小过。弦木为弧，剡木为矢，弧矢之利，以威天下，盖取诸睽。上古穴居而野处，后世圣人易之以宫室，上栋下宇，以待风雨，盖取诸大壮。古之葬者，厚衣之以薪，葬之中

野，不封不树，表期无数，后世圣人易以棺槨，盖取诸大过。上古结绳而治，后世圣人易之以书契，百官以治，万民以察，盖取诸决。

这里将上古的 13 项重大发明，网罟、耒耨、集市、衣裳、舟楫、服牛乘马、重门击柝、杵臼、弧矢、宫室、棺槨、书契，归之为包牺、神农、黄帝、尧、舜五帝以及后世圣人们受卦象启迪而发明。

“器”并非仅指器械、物件之类的物质实体，按照“形而上者谓之道，形而下者谓之器”的二分法，它应包括一切显道之事物。它既代表一定规格的典章制度，又代表科技上包括理论和器械的一切创制。所以《易传》作者把集市、丧葬、文书也列入“制器”之列。《易传·系辞下》将“象”理解为卦象，其实它绝非仅指卦象。《易传·系辞上》对“象”有一段说明文字：“圣人有以见天下之赜，而拟诸其形容，象其物宜，是故谓之象。”卦象不过是自然物象的一种符号。面对纷云杂陈的万物，圣人要理出个条理、找出秩序，需先有所“拟”，也就是取象。在这样宽泛的“器”和“象”概念下，“观象制器”作为创造理论、制定典章、发明器物的一种指导原理和运作程序是可能的。

汉代易学象数派以卦气说解易，将六十四卦系统配四季、二十四节、七十二候和三百六十五又四分之一日。这种以六十四卦建立历法表示的形式系统，实为先秦“制器尚象”说在天文历法领域的一种实践。这种借易卦符号系统将

历法表示形式化的尝试受到张衡和张遂等天文历法大家的重视，影响千余年之久。京房开创的音律易卦表示系统，推动了音律学旋宫转调的研究。中国传统医学不仅引进了阴阳五行学说，而且依易学六爻系统建立的脏腑经络学说，六脏、六腑和六阳经、六阴经构成一个循环系统。在数学领域，赵爽“依经为图”，发展“制器尚象”思想，著《勾股圆方图注》，首创数学图解法，为后学留下了“勾股圆方图”、“日高图”、“七衡图”等。刘徽继承赵爽，著《九章算术注》，依“物类形象，不圆则方”的思想，把数学研究的“形象”思维发展为“析理以辞，解体用图”的数学方法论纲领。“制器尚象”思想最有成效的发展是天文图、地理图、特别是工程图。在天文图方面，三国时的陈卓把甘德、石申和巫咸的星表绘制成记有 1464 颗恒星的星图，当代出土的马王堆汉墓帛书又有 29 幅慧星图。在地图方面，《尚书》和《周礼》已有记载，马王堆汉墓也出土了地形图和驻军图实物。晋人常璩著《华阳图志》，裴秀（223 — 271）提出的“制图六体”方法一直沿用到明末。至宋代，图学已经发展到成熟阶段。吕大临编《考古图》“探其制作之原，以补经传之阙亡，正诸儒之谬误”；李诫（？ — 1110）撰《营造法式》“别立图样，以明制度”；曾公亮（998 — 1078）著《武经总要》绘制图样“以纪新制”；苏颂（1021 — 1101）的《新仪象法要》有机械图和星图约 60 幅；代表性的图学专著为郑樵（1104 — 1162）的《通志·图谱略》（1161 年）。郑樵在《通志·总序》中说：“河出图，天地有自然之象，图谱

之学由此而兴。洛出书，天地有自然之文，书籍由此而出。”在《通志·图谱略》中，他强调“非图无以见天象”，“非图无以见地之形”，“非图无以作室”，“非图无以制器”，“非图无以明章程”，“非图无以明制度”，“非图无以别经界”，“非图无以正其班”……。这是自《易传》以来，科技领域“制器尚象”思想发展的脉络。

1934年历史学家齐思和在《燕京史学年报》（2卷1期）上发表《黄帝之制器故事》，其师顾颉刚在《燕大月刊国学专学》上发表《周易卦爻辞中的故事》认为《易传·系辞下》之圣人观象制器篇为后儒窜入之文，胡适致函表示不赞同说，齐思和又撰文重申。1938年张承绪在其著作《周易象理论》中给出制器十三卦图。将上古的诸多重大发明归功于圣人依六十四卦象而作故不可信，但“制器尚象”思想不可疑。中国哲学史家冯友兰在其《中国哲学史新编》中指出：“《易传》中这种观象制器的思想，实际上是说，通过对自然现象规律的观察，人类发明生产工具，这有以人力改造自然的意义。”胡适把《易传·系辞下》第二章看作一种文化起源学说，《古史辨》所载他的文章说，观象之象并非专指卦象，卦象只是物象的符号，见物而起意象，触类而长之。近年台湾学者刘君灿把“制器尚象”看作中国传统科学技术特色的标志，他的著作《谈科技思想史》也以“制器尚象的类学”为副标题。

● “天工开物”观

“天工开物”说为宋应星在其《天工开物》中体现的一种技术经济观，主张通过人巧与自然力的互补结合开发物产、繁荣经济，以技术是沟通人类与自然的桥梁的见识发展了儒学的“天人合一”的思想。

“天工开物”语源《尚书》和《易传》。《尚书·皋陶谟》有“无旷庶官，天工人其代之”语，意为不要空废官职而应代天行事。《易传·系辞上》有“夫《易》开物成务，冒天下之道，如斯而已者也”语，说《易》是一部开启智慧、成就事业的书。宋应星将《尚书》的“天工”与《易传》的“开物”结合成“天工开物”，作为其规谏统治者行有益生人之政务的“技术概论”性著作之书名，概括地表达其书所要倡导的基本思想。

虽然宋应星对“天工开物”语并无正面的直接解释，但从其《天工开物》书却可窥其寓意。经当代学者研究，其寓意可归类为三点：（1）崇尚天工，认为自然界蕴藏有丰富的资源和人所不及的潜力。《天工开物·序》开宗明意说，“天覆地载，物数号万，而事亦因之曲成而不遗，岂人也哉！”书中崇尚自然力的词句多处可见，诸如“以见天心之妙”、“造化之巧已尽”、“人力不至于此”等等。最典型的要算《燔石·序》中的话：“矾现五色云形，硫为群石之将，皆变化于烈火，巧极丹铅炉火，方士纵劳唇舌，何尝肖天工之万

一哉!”(2)赞誉人巧,认为“人为万物之灵”(《乃服》)、“人巧造成异物”(《乃粒》)。在《天工开物》中,他记述了30种技术创造,赞精巧的提花工艺为“天孙机杼,人巧备矣!”,誉各种水利设施为“汲灌之智,人巧已无余”、“水碓之法巧绝”(《乃粒》)。(3)主张人巧与自然力协调,以人力补天工,以天工助人力。五谷不能自生,靠“生人生之”(《乃粒》);草木之实的膏液不能自流,需“假媒水火、凭借木石,而后倾而出焉”(《膏液》)。自然界的万物“巧生以待”(《作咸》)“人工运旋”(《野议·民财议》)、“或假人力,或由天造”(《作咸》)、“天泽不降,则人力挽水以济”(《乃粒》),连蜜蜂都采花酿蜜“使草木无全功”(《甘嗜》)。

这种崇尚天工、赞誉人巧、主张天工与人工互补的思想,并非宋应星独有。传统的“天人合一”观和“经世致用”思想的广泛传播,在诗文中都有反映。在唐代,诗人沈佺期(约656—714)写下“龙门非禹凿,诡怪乃天功”(《过蜀龙门》)这样崇天工的诗句,而诗人高适(702—765)则写下“用材兼柱石,开物象高深”(《题杨主簿新厅诗》)赞人巧的诗句。宋代有陆游(1125—1210)的“天工不用剪刀催,山杏溪桃次第开”(《新燕诗》),元代有赵孟頫(1254—1322)的“人间巧艺夺天工,炼药燃灯清昼同”(《松雪堂集·赠放烟火者》),明代有帅念祖(1723年进士)主张“以人力尽地利,补天工”(《区田编》)。《物理小识》(1643年)、《古今图书集成》(1725年)、《授时通考》(1742年)、《滇南矿厂图略》(1840年)、《植物名实考》(1848

年)、《格物中法》(1870年)、《云南通志》(1877年)、《蚕桑萃编》(1899年)等书引述宋应星,也表明其编著者在某种程度上接受宋氏的“天工与人工”互补观。这种“互补”说对“天人合一”观的发展在于,把技术看作天人联系的中介,为其从人生哲学向技术论发展开辟了道路。

在17世纪和18世纪之交,《天工开物》传到日本,它的翻刻、训点和注释出版,其影响几乎占据整个江户时代(1608—1868)。在19世纪初,宋应星的“天工开物”思想被佐藤信渊(1769—1850)发展并形成一种“开物之学”。佐藤作为江户时代的大思想家,为提倡“经世济民”著述40余种,学涉天文、农学、医学、采矿、造船、经济、兵法、植物及史地、外交诸多领域。在其有关著作中,不仅《天工开物》被多所引用,而且“天工开物”的技术经济思想也被发挥。在《山相秘录》(1827年)中他倡导“主国土者宜审勤经济之学,究明开物之法,探索山谷,知其领内所生物品,不以空徒虚名、旷废天工”,在《经济要录》(1827年)中也论述“夫开物者,乃经营国土,开发物产,富饶宇内,教育人民之业者也。”他的这些思想又在日本发展为“开物之学”并形成“开物学派”,以致取《易传》“开物成务”之义改“洋书调所”为“开成所”(1863年),后迁名“开成学校”(1865年)为东京大学的前身。

日本学者三枝博音(1892—1963)在中西对比的意义上高度评价了宋应星的“天工开物”的技术思想。他认为,技术本来就是人类与自然协调的产物,只有把“天工”和

“开物”结合起来理解技术，才能说对技术有了真正的理解；而这种把技术视为沟通人类与自然界的桥梁的思想，是东洋人世界观的特征，欧洲人大概写不出“天工开物”这类书名的著作。

● “道术一本”观

中国古人对“道”与“术”、“学”与“艺”，既有区分又认为“道术一本”，但并非无所偏重，而是强调“道本术末”、“德上艺下”，主张“道以御术”和“艺以明道”。这样一种思想观点的形成，有一个历史演变过程。它的意义，由于“道”的涵义的非单一性，而有广狭两层意思，狭义上指学理指导技艺，广义上意味着道德指引科技。这种观点虽源于易学，但通过易学的“三才”之道而产生广泛的影响。

“道”字的原始涵义为道路，周代即已向抽象化方向发展，《尚书·洪范》的“王道”已有政令、规范和法度的意思。春秋时代“道”开始向“规律”的涵义演化，《左传》有了“天之道”之说。《老子》中的“道”，则既是宇宙的本源，又是事物的规律，“道”下落为“德”。老子强调“万物尊道而贵德”（《老子》）。孔子将德艺并举：“志于道，据以德，依于仁，游于艺。”（《论语·述而》）从而德与艺的关系被提出来。

《礼记·大学》提出至善与格物的关系：“大学之道，在明明德，在亲民，在止于至善。……欲明明德于天下者，先

治其国；欲治其国者，先齐其家。欲齐其家者，先修其身。欲修其身者，先正其心。欲正其心者，先诚其意。欲诚其意者，先致其知。致知在格物。”《礼记·中庸》论人道与天道、德性与知识的关系。对于天道与人道，第二十章“诚者，天之道；诚之者，人之道”，为子思引孔子之言，在第二十二章他作出解释说：“唯天下至诚，为能尽其性；能尽其性，则能尽人之性；能尽人之性，则能尽物之性；能尽物之性，则可以赞天地之化育；可以赞天地之化育，则可与天地参矣。”这里，“赞天地之化育”意谓帮助天地化育，“与天地参”即人与天地并立，人要帮助天地化育才能与天地并立。对于德性与知识，主张“君子尊德性而道问学，致广大而尽精微，极高明而道中庸。”《礼记·乐记》则提出“德成于上，艺成于下”的技艺从属于道德的观点。

《易传·系辞上》提出“一阴一阳之谓道”的命题，把阴阳相互作用看作普适规律。《易传·系辞下》还提出“三才”之道：“《易》之为书也，广大悉备，有天道焉，有人道焉，有地道焉，兼三才而两之……”《易传·说卦》有更进一步的解释：“立天之道曰阴与阳，立地之道曰刚与柔，立人之道曰仁与义。”《易传·系辞上》提出德与业的关系：“盛德大业”和“崇德广业”的思想。

“道术”一词首出《庄子·天下篇》：“古之所谓道术者，果恶乎在？曰：无所不在。”西汉初陆贾（约前240—前170）和贾谊（前200—前168）都曾论“道术”。陆贾著《新语》，其中有《道基篇》。在该篇中，他将《中庸》讲

“三才”关系的“参天化育”说提高为“道术”：“天生万物，以地养之，圣人成之，功德参合而道术生。”天地人“三才”相济相成作为“道术”，越来越被阐发为治国平天下的德治原则。贾谊著《新书》，其中有《道术篇》论述“道”与“术”的关系：“道者，所以接物也。其本者谓之虚，其末者谓之术。虚者，言其精微也，平素而无设储也。术也者，所以制物也，动静之数也。凡此皆道也。”道本术末、道术非二的思想大体具备。

三国时期的数学家赵爽进而将道术关系发展为“以道御术”。他在注《周髀》时援引《周易》论“道术”说：“夫道术，圣人之所以极深而研几。惟深也，能通天下之志；惟几也，故能成天下之物。”《周髀》认为“道术所以难通”因为“既学矣，患其博”，“既博矣，患其不习”，“既习矣，患其不能知”。他论“知道”说：“问一类而以万物达者，谓之知道。”晋代葛洪（283—363）论“道术”主张“体道以匠物，宝德以长生”（《抱朴子·释滞》）“寓道于术”的思想，与“以道御术”思想类似。他的炼丹活动是他“寓道于术”的实践。

宋明理学家以“理”说“道”。易学家邵雍强调以“理”观“物”，认为“远乎理则入乎术，世人以数入术故失于理也”（《皇极经世书·观物外篇》）。数学家秦九韶主张“数与道非二本”，“大则可以通神明、顺性命，小则可以经事务、类万物”（《数书九章·序》）。数学家李冶也把算学这种技艺看作道之所在：“由技兼于事言之，夷之礼，夔之乐，亦不

免为一技；技近乎道者言，石之斤，扁之轮，非圣人之所与乎？”（《测圆海镜·序》）医药学家把医术看作“仁术”，名医朱震亨认为“士苟精一艺，以推及物之仁，虽不仕于时，犹仕也”，宋代明相范仲淹有“不为良相，当为良医”之说。宋以降，道器之辩、德艺之争起。文学家苏轼（1037—1101）“道者，器之上达者也；器者，道之下见者也，其本一也”；南宋哲学家叶适（1150—1223）以“周官言道兼艺”为据论说，“上古圣人之治天下至矣，其道在于器数……无考于者，其道不化”（《进卷·总义》），“道术相通”、“德艺相济”的思想颇浓。明清功利实学思潮盛，“经制之学”和“经济之学”被提倡，“通经致用”和“明道救世”的思想上升。方以智以《礼记·中庸》为据论说，“成己，仁也；成物，知也。性之德也，合内外之道也，故时措之宜也”（《物理小识·自序》）。清代朴学曾导致数学的复兴，仍以“艺明道”为指导。钱嘉学派大师钱大昕说：“数为六艺之一，由艺以明道，儒者之学也。自世之学者卑无高论，习于数而不知其理，囿于今儿不通乎古，于是儒林之实学下同方技，虽多运算如飞，又遏足贵乎。”（李锐：《三统术衍铃》跋）

这样的科学技术观，对于中国传统科学技术的发展有极为深远的影响。这种影响有利也有弊。其弊端最为鲜明者是妨害了科学技术专业的形成。例如，6世纪末，颜之推所撰《颜氏家训》的《杂艺》篇中说，“算术亦六艺要事，自古儒士论天道、定律历者皆通之。然可以兼明，不可以专业。”虽有沈括主张“人之于学，不专则不能，虽百工其业至微，

犹不可兼而善”，终难扭转大势，以致科技长期沦为儒学的附庸。但“道术相通”、“德艺相济”的思想，在当今科学技术的社会危机举世瞩目的新形势下，却有极为重要的意义。

第二章

易学的符号学特征

易学符号系统主要有《周易》和《太玄》两种。前者是二元符号系统，后者是三元符号系统。以组合数学看，它们的结构都可归属于有限重集排列。我们所关心的是那些同科学有关的部分，主要讨论易卦的排序原理、分类原理和易图的对称性。易卦符号从一开始就是作为象征性的代号使用的，也就是被作为“符号”看待。为了讨论和排版方便，我们不拘守原有的符号形式，本书也使用别的符号替代它们。在大多数场合我们以“●”和“○”替代“--”和“—”。对于六十四卦系统，有时我们以其64个卦名，有时又以八卦名（乾、坎、艮、震、巽、离、坤、兑）及其象征（天、地、山、泽、水、火、雷、风）汉字组合替代。对于《太玄》系统中的“—”、“--”、“---”，我们分别可以“●”、“○”和“⊙”替代。以爻组卦的符号排列原取竖式，认读顺序由下往上。这里的替代符号既可竖排也可横排，凡竖排认读自下而上而横排则自左至右，请读者注意。

易卦排序原理

符号序是符号学的重要内容。卦序曾经是象数派易学家付出大量心力的研究对象。历代易学家们讨论最多的是《周易》系统，而《太玄》系统则很少被注意，关于排序问题的讨论，我们在集中于六十四卦序问题的同时，也讨论《太玄》系统卦序问题。

●六十四卦序疑难

《易传》关于八卦方位的两段话可以认为是对八卦序的两种规定。但这种规定的原理是义理的，而非符号学的。《易经》六十四卦是有顺序的，《易传·卦序》给出的解释亦非符号学的，而是一个依卦名意义的“类因果”说明：

有天地，然后万物生焉。盈天地之间者，唯万物，故受之以屯。屯者，物之始生也。物生必蒙，故受之以蒙。蒙者，蒙也，物之稚也。物稚不可不养也，故受之以需。需者，饮食之道也。饮食必有讼，故受之以讼。讼必有人起，故受之以师。师者，众也，众必有所比，故受之以比。比者，比也。比必有所畜，故受之以小畜。物畜然后有礼，

故受之以履。履而泰然后安，故受之以泰。泰者，通也。物不可以终通，故受之以否……。

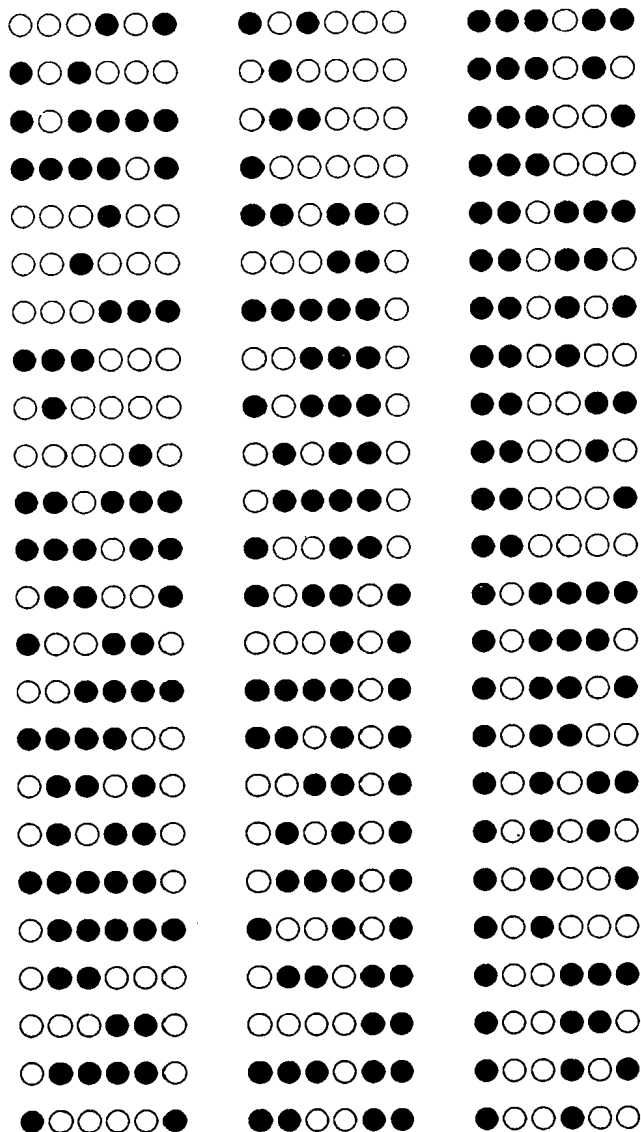
从天地形成到万物孳生，以至人类社会的出现，人生要衣食住行，就发生斗争，所以要团结、节制，要制订规范，达到安泰；安泰不会长久，而会发生向反面转化……。从乾卦到未济，后卦依前卦，或相因或相反，形成一个因果链。京房大概由于不满意于这种卦序才提出“八宫世代”卦序说。此说与《易传·序卦》不同，不是依托卦义，而是依卦象建序，可以说是进入了符号学的排序研究。他借“飞伏”分类原理，按乾震坎艮坤巽离兑的顺序设为“八宫”。乾坤、震巽、坎离、艮兑互为“飞伏”。这八宫作为上世，每宫都各属有一、二、三、四、五世和游魂、归魂七卦。各宫所属世代七卦，皆为上世变爻而得，因而各宫诸世代之间亦具上世飞伏关系。此种卦序的符号学意义是明显的，但操作上不够“简单”。京房同时代人扬雄的《太玄》系统，以符号学看是一种完美的排序，它实质上是四位三进制数顺序表，但却长期未被人注意，因而对六十四卦序研究也没产生影响。东晋韩康伯(332—380)认为《易传·序卦》只是假托六十四卦序说明卦义。唐孔颖达(574—648)的“复变”分类原理也无助于解决六十四卦对序问题^①。北周卫元

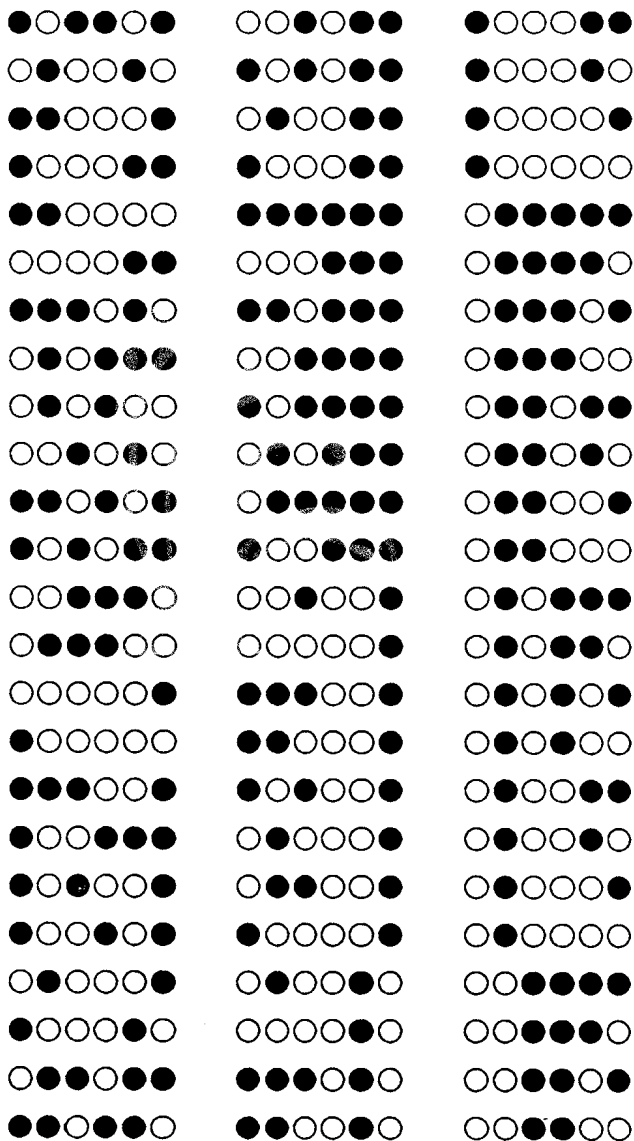
① 王夫之(1619—1692)曾以“未有见其信然也”(《周易外传·序卦传》)给以否定；近人耿济1987年第一届全国数哲学讨论上的论文《〈易经〉六十四卦中的千古疑谜》对不能建序给出论证。

嵩在其著作《元包经》提出的六十四卦序，在建序原理上类似京房八宫说，因为以坤为首而被认为体现了《归藏》易学思想。宋代图书学盛行，卦序研究也大有展。邵雍的先天学所建立的伏羲六十四卦序与扬雄的《太玄》有类似之处，本质上是六位二进制数顺序表。这点是法国来华传教士白晋（Joachim Bouvet, 1656—1730）和德国数学莱布尼茨共同发现的。朱熹在其《周易本义》中，不仅将京房宫卦序歌和邵雍伏羲卦序图并列而载，而且还根据《易传·系辞》中“因而重之”的模糊说法，明确提出“重卦”法。明来知德的“错综”分类原理为建序提供了一种方法，但从符号学看不算成功。清初陈梦雷的六十四卦方图研究本质上是矩阵乘法建序原理，清末宋书生沿袭了这种方法。

近代的易学家仍然关心通行本《周易》的卦序问题。特别是汉墓帛书本《周易》出土以后，因其与通行本卦序不同，更引起学者们的思考。为了下文讨论方便，也为读者思考这个“千古之谜”方便，在总结历史上的排序原理之前，我们给出通行本、帛书本和邵雍图三种卦序的比较表如下：

通行本卦序	帛书本卦序	邵雍图卦序
○○○○○○	○○○○○○	●●●●●●
●●●●●●	●●●○○○	●●●●●○
○●●●○●	●●○○○○	●●●●○●
●○○●●○	○○●○○○	●●●●○○





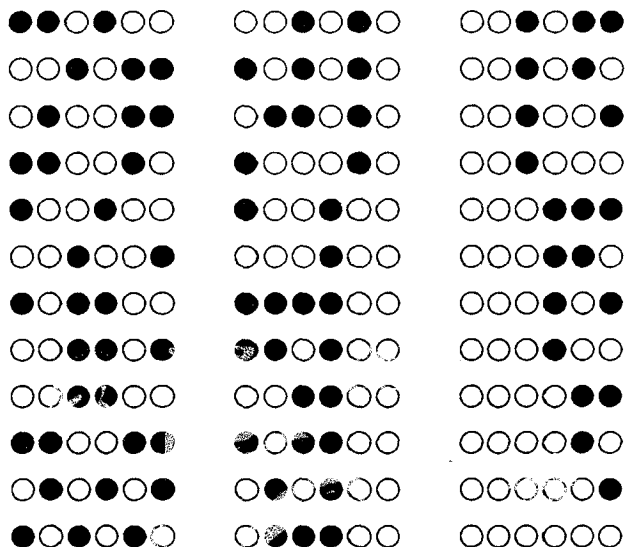


图1 六十四卦序比较表

历史上出现的排序方法大多可以通过不同的操作归为朱熹的“重卦”原理，尽管有各种说法。

●重卦排序原理

重卦原理源于《易传·系辞下》中的“八卦成列，象在其中矣；因而重之，爻在其中矣”。“因而重之”被后人理解为“八卦相重而为六十四卦”，即八卦各卦两两相叠，把三爻的单卦变成六爻的重卦，得到六十四卦。如果任意重叠，则六十四卦就无合数理的顺序可言，只有按某种设定的整序

规则排列才能得到相应的六十四卦的唯一特定形式。朱熹曾将其“重卦”原理表述为：“先划八卦于内，复划八卦于外，以旋转相加，而为六十四卦。”这里虽然给出了一种原理性的规范，但八卦顺序的不同选择显然会得到不同的六十四卦序。朱熹所谓“旋转相加”显然要求六十四卦圆排列。《易传》关于八卦方位的论说虽有圆排布的规定，而现在所知的最早八卦圆图是出土文物唐八卦镜。载于朱熹《周易本义》的邵雍之六十四卦方圆图可能是最早的两种非直线排列方式。清代惠栋（1697—1758）在其《易汉学》中依京房的八宫卦说绘出“八宫卦次”方图。清末宋书升在其《周易要义》中总结说：“易道阴阳，其序不外取度方圆焉，《周易》之序，殆方圆之用矩法者也。”实际上，对同序的六十四卦符号系统，方圆排列是可以相互转换的。圆排列依序首尾衔接，方排列不过是自上而下分八行排布，形式不同而序可同。

现在，让我们以重卦原理来考察通行本、汉帛书本和邵雍图式三种典型，卦序，重建它们的排序方法。我们的这种讨论将采用人们最熟知的八卦系统的象征符号——天地雷风水火山泽进行，卦符与卦名和卦象的对应关系如图2所示。

乾	○○○	天
坤	●●●	地
震	○●●	雷
巽	●○○	风
坎	●○●	水
离	○●○	火
艮	●●○	山
兑	○○●	泽

图2 八卦取象表

我们首先考察邵雍六十四卦系统。按邵雍自己在其《皇极经世书》卷七的《观物外篇》记载，他关于卦图演成的思想的说法是：

太极既分，两仪立矣。阳下交于阴，阴上交于阳，四象生矣。阳交于阴，阴交于阳，而生天之四象；刚交于柔，柔交于刚，而生地之四象，于是八卦成矣。八卦相错，然后万物生焉。故一分为二，二分为四，四分为八，八分为十六，十六分为三十二，三十二分为六十四，故曰分阴分阳，递用柔刚，易六位而成章也。十分为百，百分为千，千分为万；犹根之有干，干之有枝，枝之有叶；愈大则愈少，愈细则愈繁，合之斯为一，衍之斯为万。

正是这个明晰的思想使他创造出伏羲八卦次序等四个先天图。朱熹也同意邵雍的连续二分法，其《语类》卷六十七有“一分为二节节如此，以至于无穷，皆是一生两尔”句。邵雍的六十四卦序也可由朱熹的重卦法实现。按朱熹的内外八卦旋转相重而成六十四卦的思路，内外八卦的顺序都是地山水风雷火泽天。图3为 8×8 的方阵，下八卦的地与上八卦地、山、水、风、雷、火、泽、天相重而得第一行，以下

地地	地山	地水	地风	地雷	地火	地泽	地天
山地	山山	山水	山风	山雷	山火	山泽	山天
水地	水山	水水	水风	水雷	水火	水泽	水天
风地	风山	风水	风风	风雷	风火	风泽	风天
雷地	雷山	雷水	雷风	雷雷	雷火	雷泽	雷天
火地	火山	火水	火风	火雷	火火	火泽	火天
泽地	泽山	泽水	泽风	泽雷	泽火	泽泽	泽天
天地	天山	天水	天风	天雷	天火	天泽	天天

图3 邵雍六十四卦方阵

八卦的山依次重上八卦得第二行，依此法继续以水、风、雷、火、泽、天去重上卦，就分别得第三、第四、第五、第六、第七和第八行。

对于汉帛书本六十四卦序进行考察，我们发现它的排序法也可视为重卦法。如图4，它的上八卦顺序是天山水雷地泽火风，而下八卦的顺序则是天地山泽水火雷风。上下卦相重的方法是，下八卦的天地山泽水火雷风与上八卦之第一卦

天天	地天	山天	泽天	水天	火天	雷天	风天
山山	天山	地山	泽山	水山	火山	雷山	风山
水水	天水	地水	山水	泽水	火雷	雷水	风水
雷雷	天雷	地雷	山雷	泽雷	水雷	火雷	风雷
地地	天地	山地	泽地	水地	火地	雷地	风地
泽泽	天泽	地泽	山泽	水泽	火泽	雷泽	雷泽
火火	天火	地火	山火	泽火	水水	雷雷	风风
风风	天风	地风	山风	泽风	水风	火风	雷风

图4 帛书六十四卦方阵

相重得第一行，与第二、第三、第四、第五、第六、第七、第八各卦相重，分别得第三、第四、第五、第六、第七和第八行。但是，在进行下八卦与上卦之一卦相重操作时，首先将其中与该上卦相同的那一下卦提置为首位，余卦顺序皆不变，然后依序相重。

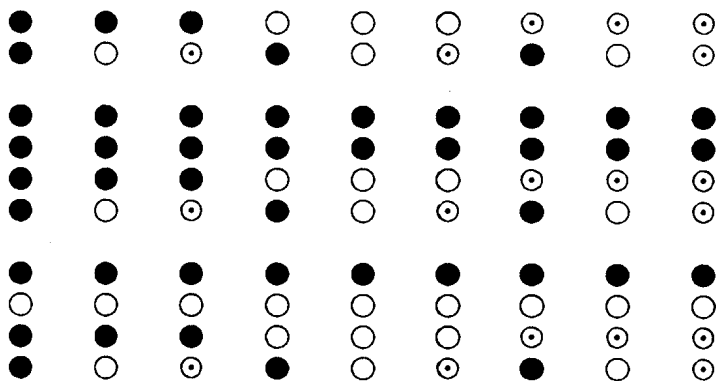
汉帛书本的六十四卦序，已不是简单地依朱熹的内外卦

旋转相重得到，而是附加了一个换位条件。当考察通行本六十四卦序时，我们发现它根本无法通过内外八卦相重实现。

●重卦原理的推广

八卦相重而生六十四卦的排序方法，作为重卦原理可以加以推广运用。比如两仪相重得四象序，四象相重得十六卦序等等。我们以《太玄》系统和《易林》系统为例讨论重卦原理的推广。

杨雄的《太玄》符号系统发展了易学符号系统。他以符号“—”、“--”、“---”取代“—”、“--”，组合排列出81组符号，他称之为八十一“首”，并且每首部有其首名。《太玄》八十一首次序也可以由重卦生成。它可以被看作内外（上下）卦皆为的九卦相重的结果。若排为 9×9 的方阵，如图5。



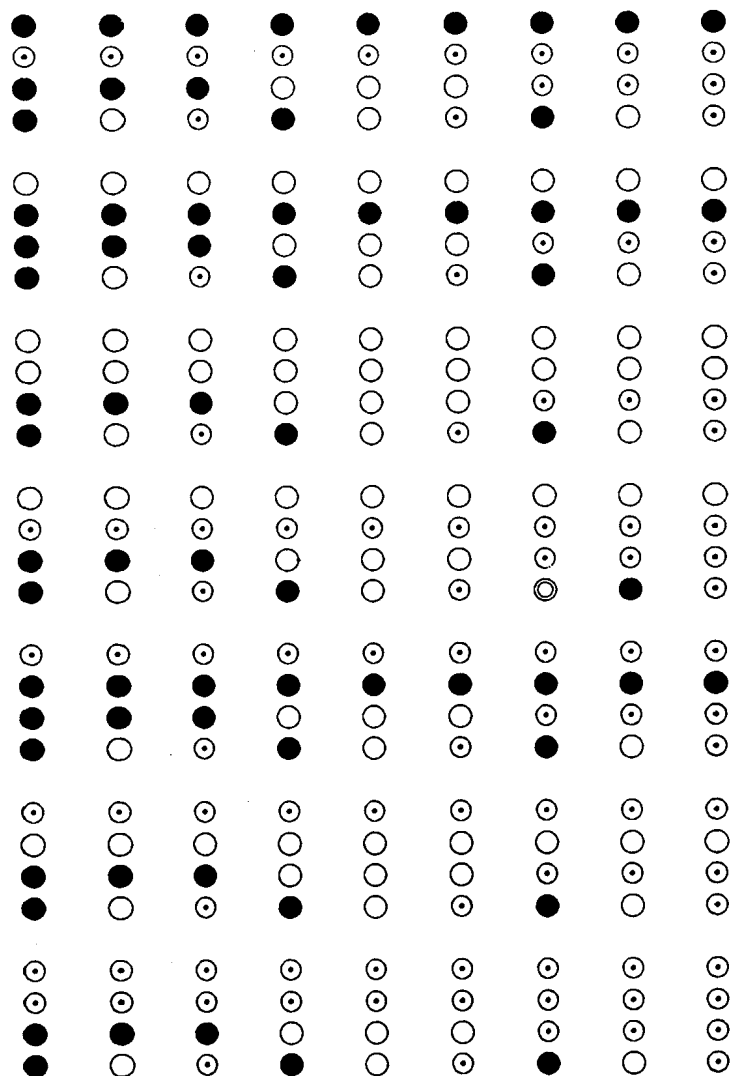
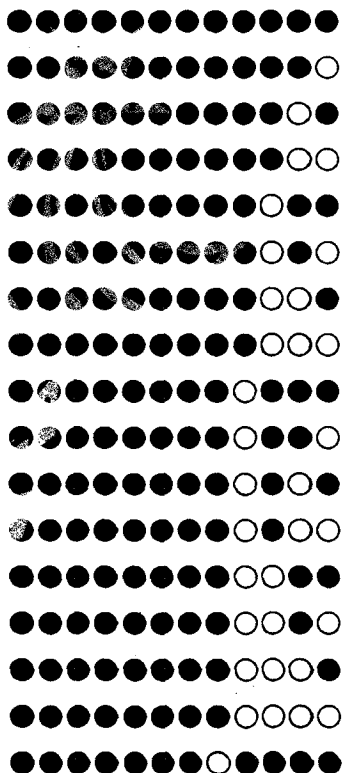
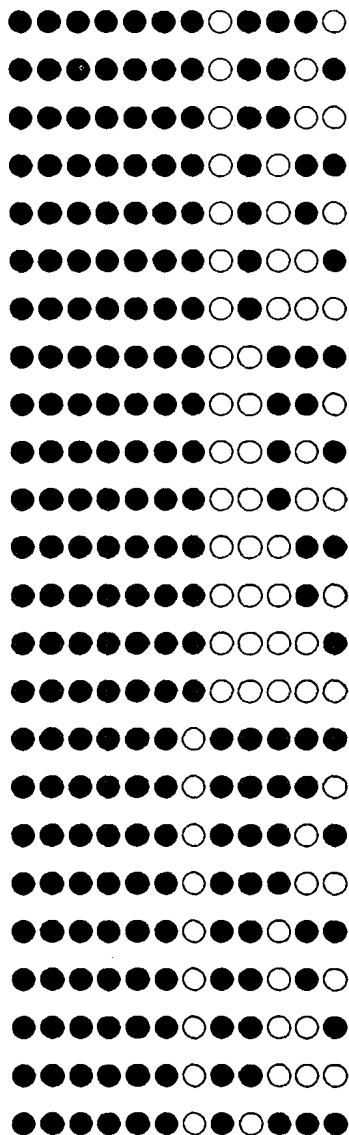


图5 《太玄》八十一首方图

焦贛由十二爻画组成的四千零九十六卦系统亦六十四卦相重所得，自然可用两个六十四卦卦名的组合排列表示其一卦，也可用四个八卦象征名的组合排列表示。焦贛的《易林》没给出符号系统，我们用“●”和“○”表示。排成一个 64×64 的方阵很容易，但本书的版面容纳不下，把它以直线表的形式完整地表示出来也需要可观的篇幅。下面给出四千零九十六卦卦系统的一部分以示意。





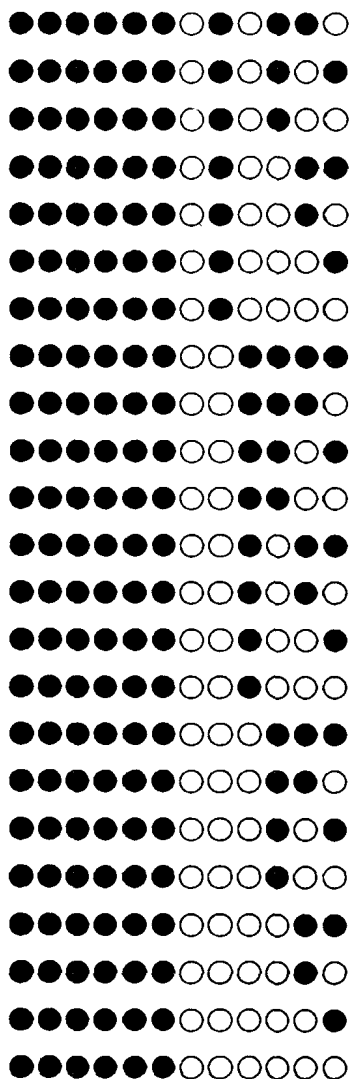


图6 《易林》十二爻卦系统的一部分

易卦分类原理

《易传·杂卦》在概念对立的意义上讲卦之两两对立，尚不是在符号学意义上的分类原理。从汉代起易学家们在象数研究中发现了符号学意义上的诸分类原理。其中飞伏原理、复变原理和错综原理是最重要的。

● 飞伏原理

汉京房提出的“飞伏”原理，以解释他的八宫卦序。所谓“飞伏”是说两卦相较其爻阴阳相反对。乾坤互为飞伏，震巽互为飞伏，坎离互为飞伏，……。虞翻(146—233)的“旁通”，即两卦六爻阴阳皆相反，实相当于“飞伏”卦。按飞伏原理可将六十四卦分为互为“飞伏”的三十二对，如图7：



○●●○○○

无妄

●○○●●●

升

●○○○○○

讼

○●○○●●●

明夷

○●○○●○

离

●○○●○●

坎

●○○●●●●

师

○●○○○○○

同人

●●○○○○●

咸

○○●●●○

损

○○●○○○

履

●●○●●●

谦

○○●○○○

睽

●●○●○○

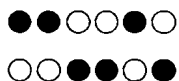
蹇

○○○●●●

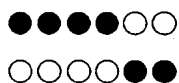
泰

●●●○○○

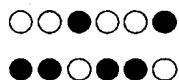
否



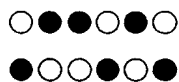
旅
节



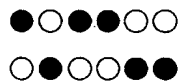
观
大壮



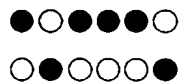
兑
艮



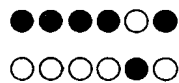
噬
嗑
井



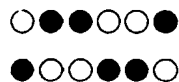
涣
丰



蒙
革



比
大有



随
蛊



贲



困



大畜



萃



恒



益



中孚



小过



渐



归妹



需



晋



小畜



豫



临



遁

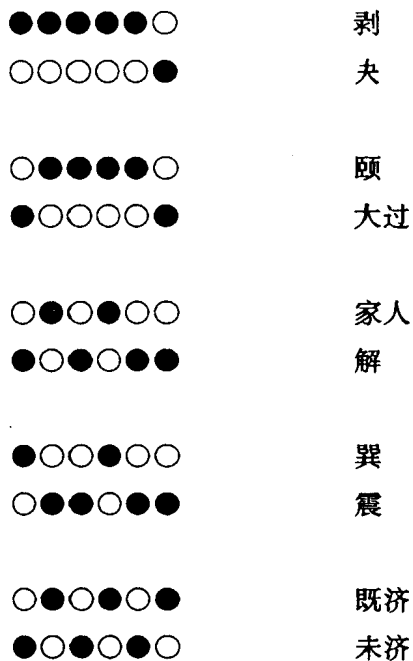


图7 六十四卦飞伏结构

●复变原理

唐孔颖达在研究六十四卦序时，提出易卦的“非复即变”命题。他在其《周易正义》中，对韩康伯关于《序卦》的评注作发挥时提出：

今验六十四卦，二二相耦，非复即变。复者表里视之，遂成两卦，屯、蒙、需、讼、师、比之类是也。变者反复唯成一卦，则变以对，乾、坤、坎、离、大过、颐、中孚、小过之类是也。

这里的“复”即倒置，亦即爻序颠倒。而“变”则指卦爻的阴阳性质改变，显然与京房的“飞伏”同义。这里孔颖达发现了一个新原理，即“复变”原理。六十四卦中互“变”者三十二对，而相“复者”二十八对，如图8：

屯	○●●●○●	蒙
需	○○○●○●	讼
临	○○●●●●	观
噬嗑	○●●○●○	贲
泰	○○○●●●	否
同人	○●○○○○	大有
咸	●●○○○●	恒
遁	●●○○○○	大壮
蹇	●●○●○●	解
损	○○●●●○	益
困	●○●○○●	井
革	○●○○○●	鼎
丰	○●○○●●	旅
巽	●○○●○○	兑
师	●○●●●●	比

小畜	○ ○ ○ ● ○ ○	履
谦	● ● ○ ● ● ●	豫
剥	● ● ● ● ● ○	复
随	○ ● ● ○ ○ ●	蛊
晋	● ● ● ○ ● ○	明夷
无妄	○ ● ● ○ ○ ○	大畜
姤	○ ○ ○ ○ ○ ●	夬
家人	○ ● ○ ● ○ ○	睽
震	○ ● ● ○ ● ●	艮
萃	● ● ● ○ ○ ●	升
涣	● ○ ● ● ○ ○	节
渐	● ● ○ ● ○ ○	归妹
既济	○ ● ○ ● ○ ●	未济

图8 六十四卦复卦对表

● 错综原理

明来知德在其《周易来氏注》中提出“错综”概念作为六十四卦分类原理。他所谓的卦之相“错”即京房的“飞伏”、孔颖达的“变”，而他所谓的“综”亦即孔颖达的“复”。按照“错综”原理考察六十四卦，他的新发现在于，有些卦即“错”又“综”可称之为“错综卦”，而另一些卦自我相综，可称之为“自综卦”。我们给出它们的图示，以

便查验。错综卦者八，分为四对；自综卦者也八：

○ ○ ○ ● ● ●	泰
● ● ● ○ ○ ○	否
○ ● ○ ● ○ ●	既济
● ○ ● ○ ● ○	未济
○ ● ● ○ ○ ●	随
● ○ ○ ● ● ○	蛊
● ● ○ ● ○ ○	渐
○ ○ ● ○ ● ●	归妹

图9 错综卦表

○ ○ ○ ○ ○ ○	乾
● ● ● ● ● ●	坤
● ○ ● ● ○ ●	坎
● ● ○ ○ ● ●	离
○ ○ ● ● ○ ○	中孚
● ● ○ ○ ● ●	小过
● ○ ○ ○ ○ ●	大过
○ ● ● ● ● ○	颐

图10 自综卦表

● 易卦分类的组合学解

易卦分类可由数学中的组合学说明。组合学研究的是一组事物安排成各种各样模式的问题，主要有三种类型：

在什么条件下能够实现满足某种要求的安排；

如果安排是可能的，又如何计算实现这种可能的方式，或者说如何分类；

在构造出满足一定条件的安排之后，如何研究这种安排的性质和结构。

一般地说，组合学与离散结构和关系的分析有关。易卦系统的构成可以由组合学的重集排列予以完全说明。

重集的概念和集合类似，只是它的元素不必是不同的。例如， $\{a, b, c, d\}$ 是集合，而 $\{a, a, a, b, c, c, d, d, d, d\}$ 则是重集。组合学用指明不同元素出现的次数来表示一个重集。上面的重集可以表示为 $\{3 \cdot a, 1 \cdot b, 2 \cdot c, 4 \cdot d\}$ 。3, 1, 2, 4 分别表示重集各元素的重复数。重集分有限重集和无限重集。重复数有限的重集叫有限重集，重复数无限的重集叫无限重集。例如， $\{2 \cdot a, 1 \cdot b, 3 \cdot c\}$ 是有限重集，而 $\{\infty \cdot a, \infty \cdot b, \infty \cdot c\}$ 是无限重集。

重排列是说，如果 S 是重集， S 的 r 排列是 S 的 r 元素的有序排列。重集排列有两个定理：

无限重集排列定理 假设 S 是包含 K 个不同的事物，而且每一事物具有无限重复数的集合，则 S 的 r 排列的个数

是 K^r 。

有限重集排列定理 假设 S 是具有有限个重复数 n_1, n_2, \dots, n_k 的重集, 而且 $n = n_1 + n_2 + \dots + n_k$ 则 S 的排列数等于

$$\frac{n!}{n_1! n_2! \dots n_k!}$$

如果重集 S 只有两个不同的对象 a_1 和 a_2 , 则它的无限重集可表示为 $\{\infty \cdot a_1, \infty \cdot a_2\}$; 当 a_1 的重复数为 n_1 , a_2 的重复数为 n_2 , 且 $n = n_1 + n_2$, 则它是有限重集, 可表示为 $\{n_1 \cdot a_1, n_2 \cdot a_2\}$, 这时 S 的排列数为

$$\frac{n!}{n_1! n_2!} = \frac{n!}{n_1! (n - n_1)!} = C_{n_1}^n$$

这样, 我们就可以把 $C_{n_1}^n$ 看作为 n 个元素集合的 n_1 的排列组合数。

易图中的两仪、四象、八卦、……, 就是阴爻和阳爻两个元素的无限重集的排列数。因为 $K=2$, 所以它具有的排列数为 $N=2^r$ 。

当 $r=1$ 时, $N=2$, 对应于两仪;

当 $r=2$ 时, $N=4$, 对应于四象;

当 $r=3$ 时, $N=8$, 对应于八卦;

当 $r=4$ 时, $N=16$, 对应于十六卦;

当 $r=5$ 时, $N=32$, 对应于三十二卦;

当 $r=6$ 时, $N=64$, 对应于六十四卦;

当 $r=7$ 时, $N=128$, 对应于一百二十八卦;

还可按 $N=2^i$ 的规则增长下去, 形成易卦的无限序列。

由此可见邵雍的一分为二, 二分为四, 四分为八, 八分为十六, 十六分为三十二, 三十二分为六十四的无限二分法是有数学意义的。不然, 只有八卦和六十四卦就是一个数学上不完备的系统。

两仪、四象、八卦及六十四卦都可以按 $C(n_1, n)$ 分类。我们以八卦和六十四卦为例。八卦是三爻卦, 每卦都可以视为三元素集合的 n_1 组合的一种或三个元素的重复数为 n_1 和 $3-n_1$ 的重集的排列之一。把 n_1 视为阴爻数, 则在该卦中的阳爻数为 $3-n_1$ 。在八卦中含有一个阴爻的卦数为

$$C_1^3 = \frac{3!}{1!(3-1)!} = 3,$$

只含有两个阴爻的卦数为

$$C_2^3 = \frac{3!}{2!(3-2)!} = 3,$$

三个爻画都是阴爻的卦数为

$$C_3^3 = \frac{3!}{3!(3-3)!} = 1,$$

三个爻画没有一个阴爻的卦数为

$$C_0^3 = \frac{3!}{0!(3-0)!} = 1,$$

四种卦合起来共八个。

六十四卦是六爻卦, 不含阴爻的卦数为

$$C_0^6 = \frac{6!}{0!(6-0)!} = 1,$$

含一个阴爻的卦数为

$$C_1^6 = \frac{6!}{1!(6-1)!} = 6,$$

含两个阴爻的卦数为

$$C_2^6 = \frac{6!}{2!(6-2)!} = 15,$$

含三个阴爻的卦数为

$$C_3^6 = \frac{6!}{3!(6-3)!} = 20,$$

含四个阴爻的卦数为

$$C_4^6 = \frac{6!}{4!(6-4)!} = 15,$$

含五个阴爻的卦数为

$$C_5^6 = \frac{6!}{5!(6-5)!} = 6,$$

含六个阴爻的卦数为

$$C_6^6 = \frac{6!}{6!(6-6)!} = 1,$$

共六十四卦。对于阳爻可作同样的分析，结果也与阴爻的完全一样。将 $(n-n_1)$ 代 n_1 ，可得

$$C_{n_1}^n = C_{n-n_1}^n$$

在古代的易学著作里已有这种统计分类思想的萌芽，主要体现在各种卦变法的图式中。虞翻取复姤、临遁、泰否、大壮观四对卦，由它们的爻位变化产生之新卦，明显分为一阴一阳之卦组、二阴二阳之卦组、三阴三阳之卦组、四阴四阳之卦组共四组，如图 11—14。

○●●●●●	复	●○○○○○	姤
●○●●●●	师	○●○○○○	同人
●●○●●●	谦	○○●○○○	履
●●●○●●	豫	○○○●○○	小畜
●●●●○●	比	○○○○●○	大有
●●●●●○	剥	○○○○○●	夬

图 11 一阴一阳卦各六

○○●●●●	临	●●○○○○	遁
●○○●●●	升	○●○●○○	无妄
●○●○●●	解	○●○○●○	家人
●○●●○●	坎	○●○○●○	离
●○●●●○	蒙	○●○○○●	革
○○●○●●	明夷	●○●○○○	讼
○●●○●●	震	●○○●○○	巽
○●●●○●	屯	●○○○●○	鼎
○●●●●○	颐	●○○○○●	大过

图 12 二阴二阳卦各九

○○○●●●	泰	●●●○○○	否
●○○○●●	恒	○●●●○○	益
●○○●○●	井	○●●○●○	噬嗑
●○○●●○	蛊	○●●○○●	随
○●○○●●	丰	●○●●○○	涣

○●○○●○○●	既济	●○○●○○●○	未济
○●○○●●○○	贲	●○○●○○●●	困
○○●○○●●●	归妹	●●○○●○○○	渐
○○●●○○●●	节	●●○○○○●●	旅
○○●●●●○○	损	●●○○○○●●	咸

图 13 三阴三阳卦各十

○○○○●●●●	大壮	●●●●○○○○	观
●○○○○○○●●	大过	○○●●●●○○	颐
●○○○○●○○	鼎	○○●●●○○●	屯
○●○○○○●●	革	●○○●●●○○	蒙
○●○○○○●○	离	●○○●●○○●	坎
○○●○○○○●	兑	●●○○●●○○	艮
○○●○○●○○	睽	●●○○●○○●	蹇
○○○○●○○●	需	●●●○○●○○	晋
○○○○●●○○	大畜	●●●○○○○●	萃

图 14 四阴四阳卦各九

此种卦变说的特点是，卦变所得诸卦皆为“母”卦之“同份构体”。虞翻的卦变法作为分类系统，虽然已表现出明显的系统化，但仍然有不少缺点。所生卦总计 68，且其中坎、离、屯、蒙、鼎、革、颐、大过各出现两次，而乾、坤、中孚、小过不在其中。从符号学说，这种缺点是严重的。其后李之才的卦变说则克服了这些逻辑上的缺陷。

李之才的卦变说是由乾坤两卦生成六十四卦系统。其具体程序是，乾坤初爻生复、姤两卦，由它们的爻位变化各五生卦；乾坤再交生临遁两卦，此临、遁经爻变而各成十四卦；乾坤两卦三交生泰、否两卦，此泰、否爻变亦各得九卦；总合恰为六十四卦。如图 15 所示。

○○○○○○

乾

●●●●●●

坤

坤一交

○●●●●●

复

●○●●●●

师

●●○●●●

谦

●●●○●●

豫

●●●●○●

比

●●●●●○

剥

乾一交

●○○○○○

姤

○●○○○○

同人

○○●○○○

履

○○○●○○

小畜

○○○○●○

大有

○○○○○●

夬

坤再交

○○●●●●

临

○●○●●●

明夷

●○○●●●

升

●●○○●●

小过

●●○●○●

蹇

●●○●●○

艮

○●●○●●

震

●○●○●●

解

乾再交

●●○○○○

遁

●○●○○○

讼

○●●○○○

无妄

○○●●○○

中孚

○○●○●○

睽

○○●○○●

兑

●○○●○○

巽

○●○●○○

家人

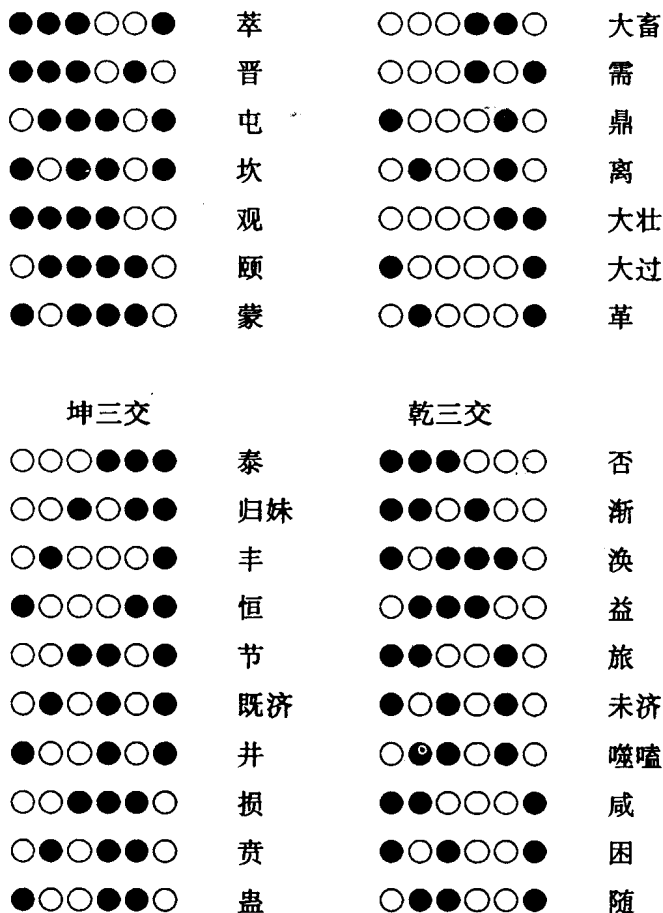


图 15 乾坤三交六十四卦相生图

李之才的乾坤三交六十四卦生成法之逻辑精神为邵雍和朱熹所宗。邵雍的“二分”生成法和朱熹的卦变图对此有所体现。朱熹《周易本义》中的卦变图把六十四卦中乾、坤以

外的卦分为五类：一阴一阳卦，二阴二阳卦，三阴三阳卦，四阴四阳卦，五阴五阳卦：

一阴一阳卦各六，对应于 $C_1^6 = 6$ ；

二阴二阳卦各十五，对应于 $C_2^6 = 15$ ；

三阴三阳卦各二十，对应于 $C_3^6 = 20$ ；

四阴四阳卦各十五，对应于 $C_4^6 = 15$ ；

五阴五阳卦各六，对应于 $C_5^6 = 6$ 。

朱熹的卦变图所反映的思想正符合于今天的重集排列规则。反过来说卦变图也是我们今天的重集排列的一种图式。

易图的对称性

八卦和六十四卦方阵对称排布是易卦符号学研究的一个重要方面。出土的唐代铜镜已有八卦圆排列的纹饰。但真正的卦象排布研究是从宋代开始的。随着河洛图学的兴起，邵雍开始对八卦和六十四卦的排列问题进行研究。他区分了先天八卦和后天八卦，先天六十四卦和后天六十四卦，依天圆地方说画出六十四卦方圆图。其后卦图成为象数研究的一个重要方面。南宋吴仁杰作《易图说》，元代有俞琰著《易图纂要》解释邵雍的先天图式，雷思齐著《易图变通》、张理著《大易象数钩沉图》、钱义方著《周易图说》。至此易图研究还多为祖述邵雍，自清以来的图书亦多研究河洛图。唯陈孟雷所著《周易浅述》开易图对称排列研究之先河。该书之

第八卷为易图说，给出河图、洛书配八卦图，八卦小成图，六十四卦大成图，六十四卦分解图、纵横图，三十六卦错综图等。从对称排列研究讲，其中的方图内外图最有意义，它实质上是典型的对称分析。清代惠栋在其著作《易汉学》中所绘京房八宫位卦图只显示其飞伏对称性，而江永在其著作《河洛精蕴》中仿京房八宫说所制后天六十四卦图只是另一种形式的飞伏对称排列，都不及陈孟雷的工作。

● 六十四卦方图的错综对称性

按数学排列组合公式， n 个不同的对象的总排列方式是全排列 $P_n^n = n!$ ，六十四卦的总排列数为： $P_{64}^{64} = 64! \cong 10^{89}$ 。清陈孟雷按错综对称性把邵雍的伏羲六十四卦图分解为四。

图 16 和图 17 是陈梦雷给出的邵雍先天六十四卦方图纵横图及其分解图。

坤八							
	艮七						
		坎六					
			巽五				
				震四			
					离三		
						兑二	
							乾一

图 16 陈梦雷方图纵横图

坤	剥	比	观	豫	晋	萃	否
谦							遁
师							讼
生							姤
复							无妄
明夷							同人
临							履
泰	大有	需	小畜	大壮	大有	夬	乾

图 17 (1)

	艮	蹇	渐	小过	旅	咸	
	蒙					困	
	蛊					大过	
	颐					随	
	贲					革	
	损	节	中孚	归妹	睽	兑	

图 17 (2)

		坎	涣	解	未济		
		井			鼎		
		屯			噬		
		既济	家人	丰	离		

图 17 (3)

			巽	恒			
			益	震			

图 17 (4)

陈梦雷内外图之妙处在于，由过心连线连结之卦是交错关系，整个图是分层交错，共四层。从错综对称性看，这个图是漂的。但是这分解图尚不能清楚地表现卦方阵之交综对称性。如果将此图的第三列和第五列相换，第四列和第七列相换，就得到新的六十四卦方图，如图 2.18。此图优于邵一陈图之处在于，它不仅可以完美地表现六十四卦的全部交错关系，而且也完美地表现六十四卦的全部交综关系、自综关系和错综关系，也就是说全面地表现出六十四卦的错综对称性。这个图的一条主对角线为八个自综卦所占有，另一条为八个错综卦所占有。我们把图 18 依层分解画出，有图 19。图 19 的 (1a) 和 (1b) 分别示出最外层交错和交综关系；而该图的 (2a) 和 (2b)，(3a) 和 (3b)，(4a) 和 (4b) 分别示出其他层的两种对称关系，以通过中心的连线连接者为交错关系，而其余由相互平行诸线所连接者为交综

关系。读者如有兴趣，可将诸图以卦符替代卦名重画，其错综对称性显而易见。

坤	豫	比	萃	剥	晋	观	否
谦	小过	蹇	咸	艮	旅	渐	遁
师	解	坎	困	蒙	未济	涣	讼
升	恒	井	大过	蛊	鼎	巽	姤
复	震	屯	随	颐	噬嗑	益	无妄
明夷	丰	既济	革	贲	离	家人	同人
临	归妹	节	兑	损	睽	中孚	履
泰	大壮	需	夬	大畜	大有	小畜	乾

图 18 离对称六十四卦方阵

坤	豫	比	萃	剥	晋	观	否
谦							遁
师							讼
生							姤
复							无妄
明夷							同人
临							履
泰	大壮	需	夬	大畜	大有	小畜	乾

图 19 (1a)

坤	豫	比	萃	剥	晋	观	否
谦							遁
师							讼
生							姤
复							无妄
明夷							同人
临							履
泰	大壮	需	夬	大畜	大有	小畜	乾

图 19 (1b)

	小过	蹇	咸	艮	旅	渐	
	解					涣	
	恒					巽	
	震					益	
	丰					家人	
	归妹	节	兑	损	睽	中孚	

图 19 (2a)

	小过	蹇	咸	艮	旅	渐	
	蒙					涣	
	蛊					巽	
	颐					益	
	贲					家人	
	归妹	节	兑	损	睽	中孚	

图 19 (2b)

		坎	困	蒙	未济		
		井			鼎		
		屯			噬嗑		
		既济	革	贲	离		

图 19 (3a)

		坎	困	蒙	未济		
		井			鼎		
		屯			噬嗑		
		既济	革	贲	离		

图 19 (3b)

			大过	蛊			
			随	颐			

图 19 (4a)

			大过	恒			
			随	颐			

图 19 (4b)

因为自综卦都处于和交综线垂直的那条对角线上，它可以有交错关系而无交综关系，但可以自综。因为错综卦皆处在同一条交综线上，它们自然有交综关系，交综线和交错线同一，故它们是错兼综的关系。

● 易卦对称性的矩阵分析

矩阵是现代数学之一。

矩阵定义为 m 行和 n 列组成的数表。

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \cdots \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{m1} & a_{m2} & a_{m3} & \cdots \end{bmatrix}$$

矩阵中的每个数 a_{jk} 称为元素，下角标 j 和 k 分别标出该元素出现在矩阵中的行号和列号。矩阵常用一个字母表示，上述矩阵可以表示为 A ，也可以表示为 (a_{jk}) 。

仅有一行的矩阵称为行矩阵（或行向量），而仅有一列的矩阵称为列矩阵（或列向量）。行数和列数相等（ n 行 n 列）的矩阵称为方阵。矩阵按照它们的元素是实数或复数而分别称为实矩阵和复矩阵。

矩阵有一些特殊的定义和运算规则。

① 矩阵的相等

当两个同阶（行数和列数相同）的矩阵 $A = (a_{jk})$ 和 $B = (b_{jk})$ 满足 $a_{jk} = b_{jk}$ 是相等的。

② 矩阵加法

若 $A = (a_{jk})$ 和 $B = (b_{jk})$ 有相同的阶时，则定义 A 和 B 的和为 $A + B = (a_{jk} + b_{jk})$ 。

③ 矩阵减法

若 $A = (a_{jk})$ 和 $B = (b_{jk})$ 有相同的阶时，则定义 A 和 B 的差为 $A - B = (a_{jk} - b_{jk})$ 。

④ 数与矩阵的乘法

若 $A = (a_{jk})$ ，而 λ 是任一数（或纯量）时，则定义 A 与 λ 的积为 $\lambda A = A\lambda = (\lambda a_{jk})$ 。

⑤ 矩阵的乘法

若 $A = (a_{jk})$ 是一个 $m \times n$ 矩阵，而 $B = (b_{jk})$ 是 $n \times p$ 矩阵时，则定义 A 和 B 的积为

$$AB = (\sum_{i=1}^n a_{jk}b_{ik}) = (C_{jk}) = C$$

⑥矩阵的转置

把一个矩阵的行和列互换得到的矩阵称为矩阵的转置， A 的转置记为 A^T 。

⑦对称矩阵和斜对称矩阵

设 A 是个方阵，若 $A^T = A$ ，则称 A 是对称的；若 $A^T = -A$ ，则称 A 是斜对称的。

⑧单位矩阵

一个方阵，若主对角线上的元素（ $j = k$ 的元素）都为 1，而其余元素都为 0，就称为单位矩阵，记作 I 。 I 的重要性质是 $AI = IA = A$ 。

⑨零矩阵

全部元素都是 0 的矩阵称为零矩阵。

⑩矩阵的逆

对于给定的方阵 A ，存在一个矩阵 B ，使得 $AB = I$ ，则称 B 是 A 的逆（矩阵），记为 A^{-1} 。

邵雍的六十四卦方图的陈梦雷排法是就是一种矩阵乘法。丁超五在其《科学的易》中，将其看作是依八卦序坤、艮、坎、巽、震、离、兑、乾作列矩阵和行矩阵相乘的结果。图 20 为 8×8 方阵。它是由八卦的象征（天、泽、火、雷、风、水、山、地）表示的。

坤坤	坤艮	坤坎	坤巽	坤震	坤离	坤兑	坤乾
艮坤	艮艮	艮坎	艮巽	艮震	艮离	艮兑	艮乾
坎坤	坎艮	坎坎	坎巽	坎震	坎离	坎兑	坎乾
巽坤	巽艮	巽坎	巽巽	巽震	巽离	巽兑	巽乾
震坤	震艮	震坎	震巽	震震	震离	震兑	震乾
离坤	离艮	离坎	离巽	离震	离离	离兑	离乾
兑坤	兑艮	兑坎	兑巽	兑震	兑离	兑兑	兑乾
乾坤	乾艮	乾坎	乾巽	乾震	乾离	乾兑	乾乾

图 20 陈梦雷纵横图重卦表示

薛学潜在其《超相对论》中，从矩阵的角度详细地研究了六十四卦错综对称性。他根据矩阵的要求把八卦（乾、兑、离、震、巽、坎、艮、坤）都编了号。令乾=1，兑=2，离=3，震=4，巽=5，坎=6，艮=7，坤=8，用数学符号写出六十四卦的方阵 Γ

$$\Gamma = \begin{bmatrix} q_{11} & q_{12} & q_{13} & \cdots & q_{18} \\ q_{21} & q_{22} & q_{23} & \cdots & q_{28} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ q_{m1} & q_{m2} & q_{m3} & \cdots & q_{m8} \end{bmatrix}$$

Γ 这个 8×8 矩阵就代表六十四卦。因为六十四卦是依赖六爻变化的，他规定：

$q_{\mu\nu} = \varphi(\delta_\sigma)$; $\mu, \nu = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$; $\sigma = 1, 2, 3, 4, 5, 6$.

$\delta_\sigma = 0$ 对应于阴爻 (--)

$\delta_\sigma = 1$ 对应于阳爻 (—)

分别用矩阵讨论了易卦的错综对称性问题。

令 \tilde{q} 为 q 之错, \bar{q} 为 p 之综, 对于具有象图 2.18 那样排布六十四卦易矩阵, 则有:

$$q_{\mu, \nu} = \tilde{q}_{(9-\mu), (9-\nu)}$$

$$p_{\mu, \nu} = \bar{p}_{\nu\mu}$$

$\mu, \nu = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$

上述六十四卦八阶矩阵元素的两种关系 (交错和交综) 可用易矩阵的符号 $q_{\mu\nu}$ 和 $p_{\mu\nu}$ 画为图 21 和图 22。交综卦处于互为转置的位置上, 但它们并不相等。

q_{11}	q_{12}	q_{13}	q_{14}	q_{15}	q_{16}	q_{17}	q_{18}
q_{21}							q_{28}
q_{31}							q_{38}
p_{41}							q_{48}
q_{51}							q_{58}
q_{61}							q_{68}
q_{71}							q_{78}
q_{81}	q_{82}	q_{83}	q_{84}	q_{85}	q_{86}	q_{87}	q_{88}

图 21 交错关系

P ₁₁	P ₁₂	P ₁₃	P ₁₄	P ₁₅	P ₁₆	P ₁₇	P ₁₈
P ₂₁							P ₂₈
P ₃₁							P ₃₈
P ₄₁							P ₄₈
P ₅₁							P ₅₈
P ₆₁							P ₆₈
P ₇₁							P ₇₈
P ₈₁	P ₈₂	P ₈₃	P ₈₄	P ₈₅	P ₈₆	P ₈₇	P ₈₈

图 22 交络关系

● 易卦对称性的群论分析

一、群论的基本概念

群论是关于对称性的数学理论。一般地说，对称性是指物质系统或符号系统相对于某种变换的不变性。例如，几何位形相对于某运动和运动的不变性就是一对对称性。这叫空间对称性或几何对称性。对二维空间来说，使几何对称性保持不变的变换，有绕垂直于图面的适当的旋转的角度的操作，有对垂直于图面的适当平面反射操作。对三维空间来说，除了有各绕轴旋转和对各种平面反射操作之外，还有对某中心的反演操作。不但几何位形对于这些空间变换具有不变性，描述物质系统运动规律的运动方程，作为符号系统它对于空间坐标的平移、旋转、反演等运算也可能具有形式不变的特性，对于时间的平移、反演也可能具有不变性。对于空间变换以外的种种变换的不变性称为内禀对称性。例如，电

荷换号运动方程不变；逻辑学中的命题对两次否定不变。一个系统的所有对称变换的集合是一个群。

一个群满足一定条件的不同元素的集合。一般，由元素 $G_1, G_2, G_3 \cdots G_n$ 组成的集合 G ，赋予它们一定的合成法则，当它们满足下列四个条件时就形成一个群：

(1) G 中的任意两个元素 G_i 和 G_j 在给定的合成法则下得到的新元素仍然属于 G 。这叫群的封闭性。

(2) 元素合成法则满足结合律。对任意的元素 G_i, G_j, G_k ，有 $G_i \cdot (G_j \cdot G_k) = (G_i \cdot G_j) \cdot G_k$ 成立。符号“ \cdot ”表示 G 中两个元素的合成。

(3) 存在一个单位元素 E ，属于 G ，使得 G 中任意元素 G_i 满足 $E \cdot G_i = G_i \cdot E = G_i$ 。

(4) 对于 G 中的任意元素 G_i 存在一个唯一的逆元素 G_i^{-1} ，使得 $G_i^{-1} \cdot G_i = G_i \cdot G_i^{-1} = E$ 。

群中元素的个数叫作群的阶。包含有限个元素的群叫有限群，包含无限多的元素叫无限群。如果群中元素的个数是可数无限的，则群是分立的；如果群中元素的个数是不可数无限的，则群是连续的。群元素的积并不一定是可交换的（对易的），即一般说来， $AB \neq BA$ 。若群的所有元素都互相对易，则称此群为阿贝尔群（交换群），否则是非阿贝尔群。

一般地说，群的元，即元素，不是事物本身，也不是事物之间的关系，而是事物、关系彼此间的相互变换操作。

如果绕某轴旋转 $2\pi/n$ （ n 是正整数）使系统保持不变，

则此轴线叫作系统的 n 重对称, 相应的操作记为 $C_{\infty}C_n$ 的整数幂也是系统的对称变换, 记作 C_n^k , 它表示对系统逐次旋以 K 个 C_n 操作, 即绕轴转 $2\pi k/n$ 角。对平面的反射用带有表征反射平面的下标 m 或 σ 标记。I 表示中心反演操作。恒等操作记为 E 。

属于群 G 的元的行列表可以清楚地表示群的具体构造。图 23 就是一个四阶群的行列表。

$G_i \backslash G_j$	E	X	Y	Z
E	E	X	Y	Z
X	X	E	Z	Y
Y	Y	Z	X	E
Z	Z	Y	X	E

图 23 四阶群行列表

写群元素行列表时, 行列中元素的次序无关紧要。一种比较好的写法是, 使第一列每一元素 (第二操作) 是第一行相应的元素 (第一操作) 的逆。这样写出的行列表, 主对角线只含单位元 E 。

如果群的元素 B 和 C 满足下述关系

$$A^{-1}BA = C$$

称它们为共轭元素。上述运算叫做 B 通过 A 的相似变换。显然

$$ACA^{-1} = B$$

一个群常常可以分成一些集合, 使得每一集中的元素都互相共轭, 但属于不同两集的两个元素不共轭。这样的集合

叫做群的共轭类，或简称类。

如果一个集合 H 的所有的元素都在群 G 中，而且 H 自身也是在同样合成法则下的一个群，则 H 叫做群 G 的一个子群。

在一个较大的群中，属于同一类的元素在一个较小的子群中不一定属于同一类。

二、易几何对称群

在这节中，我们将在易图的几何解释的基础上讨论易图的几何操作对称性。我们以四象和八卦为例讨论它们的空间对称群。这种讨论是从空间对称性理解易图数学结构的一个方面。这种对称性同晶体的空间的对称十分相似，我们完全用物理学中这方面的术语，因而我们讨论也就十分简单。这节的内容可以参考任何一本关于物理学空间对称群的书，如 A·W·约什著的《物理学中的群论基础》。

1、四象空间对称群

图 24 是正方形操作的对称群表示符号。而四象的几何

符 号	操 作
E	恒等操作
C_4	绕通过中心的垂直轴顺时针转 90°
C_4^2	绕上述轴转 180°
C_4^3	绕上述轴转 270°
m_x	绕 X 轴然反射
m_y	绕 Y 轴的反射
σ_u	对对角线的反射
σ_v	对另一对对角线的反射

图 24 对称操作符号

解正是一个平面上的对称点。四个点连直线构成一个正方形。所以四象的空间对称性就是正方形的对称性。正方形的操作构成一个群。

表中列出了正方形的全部对称操作。这些操作构成一个群，在物理学中称之为 C_{4v} 群。图 25 是 C_{4v} 的乘法表。

第二操作	第一操作							
	E	C_4	C_4^2	C_4^3	σ_x	σ_y	σ_μ	σ_v
E	E	C_4	C_4^2	C_4^3	σ_x	σ_y	σ_μ	σ_v
C_4^3	C_4^3	E	C_4	C_4^2	σ_v	σ_μ	σ_x	σ_y
C_4^2	C_4^2	C_4^3	E	C_4	σ_y	σ_x	σ_v	σ_μ
C_4	C_4	C_4^2	C_4^3	E	σ_μ	σ_v	σ_y	σ_x
σ_x	σ_x	σ_v	σ_y	σ_μ	E	C_4^3	C_4	C_4^2
σ_y	σ_y	σ_μ	σ_x	σ_v	C_4^2	E	C_4	C_4^3
σ_μ	σ_v	σ_x	σ_v	σ_y	C_4	C_4^3	E	C_4^2
σ_v	σ_v	σ_y	σ_μ	σ_x	C_4^3	C_4	C_4^2	E

图 25 C_{4v} 乘法表

2、八卦的空间对称群

八卦的几何解释表明，它构成一个立方点阵。它的完全对称群称为 O_n 群。它共有四十八个元素，其中二十四个是真转动，另二十四个是非真转动。真转动组成 O_n 的子群，记为 O ，称为真转动立方点群。图 26 是群 O 元素的分类表。

类	操 作
E	恒等操作 (一个元素)
$C_4, 3C_4^3$ 或 6 (C_4)	绕 X, Y 和 Z 转 90° 和 270° (6 个元素)
$(3C_2)$	绕 X, Y 和 Z 转 180° (3 个元素)
$(6C_2)$	绕任一对相对棱中点的连线转 180° (6 个元素)
$(4C_3, 4C_3^2)$ 或 $(8C_3)$	绕立方体四根对角线转 120° 和 240° (8 个元素)

图 26 群 O 元素分类表

三、易阴阳反演群

易图的阴阳反演类似于物理学中的电荷反演。对于两仪、四象、八卦……施以阴阳反演变换它们都具有不变性。我们只讨论两仪的二阶群、四象的四阶群和八卦的八阶群。其余可以类似地进行讨论。

两仪是个二阶群。

我们规定 G 为使卦变号的操作, G 作用于阳爻使之变为阴爻, G 作用于阴爻使之变为阳爻, 用符号表示即为 $G\bigcirc = \bullet$, $G\bullet = \bigcirc$ 。两仪这个符号系统只包含了两个符号即阴爻和阳爻。如果 G 作用于该系统, 阳爻变为阴爻, 阴爻变为阳爻, 变换后的系统仍然是由阴阳两个符号组成的两仪系统。这就是两仪对 G 变换具有不变性。对两仪系统的 G 变换构成一个二阶群, 它的两个元素是: 表示不作任何变换的单元 E 和变号操作 G 。这个二阶群的乘法表为图 27。

	E	G
E	E	G
G	G	E

图 27 两仪对称群乘法表

四象是个四阶群。

因为四象是画卦的符号系统，共有四个符号。对四象符号系统来说有四种变换操作使变换后的系统和原系统一样，它们构成一个四阶的对称变换群。

我们以 G_0 表不旋变换，它是这个四阶群的单元 E ，即 $G_0 = E$ 。 G_1 表示对下爻施加变换。 G_2 表示对上爻施加变换。 G_{12} 表示对上下两爻同时施加变换。

我们现在来说明，这四种变换都能使变换后的系统和原来的系统一样，即仍为四象。

四象的符号系统为：

●● ●○ ○● ○○

G_0 作用于四象，按 G_0 的定义它不改变四象的符号系统。

G_1 作用于四象。由于

$$G_1 \bullet\bullet = \bullet\circ, \quad G_1 \bullet\circ = \circ\circ,$$

$$G_1 \circ\bullet = \bullet\bullet, \quad G_1 \circ\circ = \bullet\circ,$$

所以不变换后的系统为：

○● ○○ ●● ●○

可见，对四象施以 G_1 ，变换的结果仍为四象，即四象对于

G_1 具有不变性。

G_2 作用于四象。由于

$$G_2 \bullet\bullet = \bullet\circ, \quad G_2 \bullet\circ = \bullet\bullet,$$

$$G_2 \circ\bullet = \circ\circ, \quad G_2 \circ\circ = \circ\bullet,$$

所以改变后的系统为：

$$\bullet\circ \quad \bullet\bullet \quad \circ\circ \quad \circ\bullet$$

可见，对四象施以 G_2 变换的结果仍为四象，即四象对 G_2 变换具有不变性。

G_{12} 作用于四象。由于

$$G_{12} \bullet\bullet = \circ\circ, \quad G_{12} \bullet\circ = \circ\bullet,$$

$$G_{12} \circ\bullet = \bullet\circ, \quad G_{12} \circ\circ = \bullet\bullet,$$

所以变换后的系统为：

$$\circ\circ \quad \circ\bullet \quad \bullet\circ \quad \bullet\bullet$$

可见，对四象施以 G_{12} 变换的结果仍为四象，即四象对 G_{12} 变换具有不变性。

我们现在来证明这四个变换构成一个群。

因为 $G_0 = E$ 表示不变换，所以

$$G_0 G_1 = G_1, \quad G_0 G_2 = G_2, \quad G_0 G_{12} = G_{12};$$

$$G_1 G_0 G_1, \quad G_2 G_0 = G_1, \quad G_{12} G_0 = G_{12}.$$

因为 G_1 作用于四象的结果为：

$$\circ\bullet \quad \circ\circ \quad \bullet\bullet \quad \bullet\circ$$

对这一结果再施以 G_1 的变换则为：

$$\bullet\bullet \quad \bullet\circ \quad \circ\bullet \quad \circ\circ$$

它正是未施任何变换的四象图式, 所以 $G_1 G_1 = G_0 = E$ 。

因为 G_1 作用于四象的结果为:



对这一结果再施以 G_2 的变换则为:



它正好为 G_{12} 作用于四象的结果, 所以 $G_2 G_1 = G_{12}$ 。

因为 G_1 作用于四象的结果为:



对这一结果再施以 G_{12} 的变换则为:



它正好为 G_2 作用于四象的结果, 所以 $G_{12} G_1 = G_2$ 。

同样分析, 可以证明:

$$G_2 G_2 = E, G_1 G_2 = G_{12}, G_{12} G_{12} = G_1,$$

$$G_{12} G_{12} = E, G_1 G_{12} = G_2, G_2 G_{12} G_1.$$

图 28 给出这个四阶群的乘法表。

	G_0	G_1	G_2	G_{12}
G_0	E	G_1	G_2	G_{12}
G_1	G_1	E	G_{12}	G_2
G_2	G_2	G_{12}	E	G_1
G_{12}	G_{12}	G_2	G_1	E

图 28 四象对称群的乘法表

八卦对称群是八阶群。

因为八卦是三画卦的符号体系, 是八个符号组成的符号

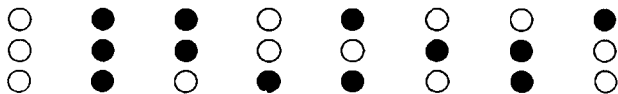
集。我们以 G_0 表示不施任何变换，即 $G_0 = E$ ，它是群的单位元。 G_1 表示对下边的爻画施以变换。 G_2 表示对中间的爻画施以变换。 G_3 表示对上边的爻画施以变换。 G_{12} 表示对下爻和中间爻同时施以变换。 G_{23} 表示对中上爻同时施以变换。 G_{13} 表示对下上两爻同时施以变换。 G_{123} 表示对三个爻画同时施以变换。

现在以乾卦○○○为例，说明这些变换的意义。

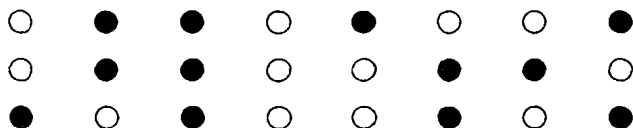
$$\begin{aligned}
 G_0 \text{○○○} &= \text{○○○}, \\
 G_1 \text{○○○} &= \bullet \text{○○}, \\
 G_2 \text{○○○} &= \text{○} \bullet \text{○}, \\
 G_3 \text{○○○} &= \text{○○} \bullet, \\
 G_{12} \text{○○○} &= \bullet \bullet \text{○}, \\
 G_{23} \text{○○○} &= \text{○} \bullet \bullet, \\
 G_{13} \text{○○○} &= \bullet \text{○} \bullet, \\
 G_{123} \text{○○○} &= \bullet \bullet \bullet.
 \end{aligned}$$

对其他卦来说这些 G 变换有类似的意义。我们现在以 G_1 变换为例，说明八卦体系对 G_1 变换具有不变性。

八卦的符号体系为：



对八卦各卦符都施以 G_1 变换后的结果为：



可以看出它仍然是原来八卦的八个符号的集合，只不过次序有了变化。

对八卦符号体系施以 G_2 , G_3 , G_{12} , G_{23} , G_{13} , G_{123} 变换的结果，可以证明，也使八卦符号集保持不变。

现在我们来证明： G_0 , G_1 , G_2 , G_3 , G_{12} , G_{23} , G_{13} , G_{123} 这八个变换构成一个群。很容易看出

$$G_1 G_2 = G_2 G_1 = G_{12},$$

$$G_1 G_3 = G_3 G_1 = G_{13},$$

$$G_1 G_{12} = G_{12} G_1 = G_2,$$

$$G_1 G_{13} = G_{13} G_1 = G_3,$$

$$G_1 G_{23} = G_{23} G_1 = G_{123},$$

$$G_1 G_{123} = G_{123} G_1 = G_{23},$$

.....。

清楚地表示这些关系的是图 29 八卦对称群乘法表。

	G_0	G_1	G_2	G_3	G_{12}	G_{13}	G_{23}	G_{123}
G_0	E	G_1	G_2	G_3	G_{12}	G_{13}	G_{23}	G_{123}
G_1	G_1	E	G_{12}	G_{13}	G_2	G_3	G_{123}	G_{23}
G_2	G_2	G_{12}	E	G_{23}	G_1	G_{123}	G_3	G_{13}
G_3	G_3	G_{13}	G_{23}	E	G_{123}	G_1	G_2	G_{12}
G_{12}	G_{12}	G_2	G_1	G_{123}	E	G_{23}	G_{13}	G_3
G_{13}	G_{13}	G_3	G_{123}	G_1	G_{23}	E	G_{12}	G_2
G_{23}	G_{23}	G_{123}	G_3	G_2	G_{13}	G_{12}	E	G_1
G_{123}	G_{123}	G_23	G_{13}	G_{12}	G_3	G_2	G_1	E

图 29 八卦对称群乘法表

类似地可以证明十六卦对称群是十六阶群，三十二卦对称是三十二阶群，六十四卦对称是六十四阶群， 2^n 卦的对称群是 2^n 的阶群。

第三章

易学与传统科学

在近代科学传入中国之前，中国传统文化中的科学因素也有其自己的发生和发展的历史。科学发展既有其自身的逻辑根源，也依赖自然地理环境及社会的、政治的、经济的和文化的条件。促成中国传统科学形成和发展因素是多方面的，易学作为文化氛之影响而居其一。它的影响究竟如何，是本章要讨论的中心论题。我们的讨论从传统科学发展的文化背景开始，然后分别论述易学与天文、物理和数学的关系。

传统科学的文化背景

中国传统科学中有大体一致的宇宙图象，但没有统一的科学范式。正如席文（Nathan Sivin）所说，中国有多样的

科学，却没有形成一个统一的“科学”概念^①。在中国古代科学家的心目中，没有一个各学科相互联系的整体科学，除了数学与天文建立起联系外，天算家在朝廷里计算历法，医生在社会上为人治病，道士在山中炼丹，并不感到有必要彼此发生技术上的联系。中国传统科学的定型是各自独立的，大体在秦汉时期形成各自的科学范式。

中国传统科学自秦汉确立了其骨架或模式以后，在魏晋南北朝时期达到了它的第一个高峰期。说它是高峰有两个理由：一是从中国科学自身看，它在两汉的基础上有了重大的发展；二是放在世界科学史中比较，它是在希腊科学和阿拉伯科学两个繁荣期之间的一次世界意义的繁荣。科学史和哲学史研究已达共识，认为科学发展的理论化倾向是这一高峰期的主要特征。这一理论化倾向表现在医药学、地理学、天文学、农学、丹学和数学六个领域。

在医药学领域，王叔和（约180—260）的《脉经》集脉诊大成，厘定24种脉象，使之脱离经脉体系而成的一种独立的诊断法；皇甫谧（215—282）的《黄帝三部针灸甲乙经》融汇《黄帝内经》中的《素问》、《灵枢》和《明堂孔穴针灸治要》，使经络、四时、五行相互联系，而形成针灸疗法的理论体系；陶弘景（456—536）的《本草集注》将人文原则的“三品”分类法改为依药物自然来源和属性的分

^① Nathan Sivin, Shen Kua, Charles Gillispie. Dictionary of Science Biography, New York, 1975, Vol. 16.

类法。在地理学领域，裴秀（223—271）创立了由分率、准望、道里、高下、方邪、迂直六原则构成的“制图六体”理论和拼接、缩制地图的“计里划方”法；郦道元的《水经注》开创以水道为纲综合描述地理的新形式。在天文学领域，虞喜（281—356）发现岁差，张子信（活动于6世纪20—60年代）发现五星视运动的不均匀性，并且这些发现还被祖冲之用于改进历法。在农学领域，贾思勰（活动于6世纪前半叶）的《齐民要术》标志着中国农学体系的成熟。在丹学方面葛洪（283—343）的《抱朴子》是一部影响深远的炼丹书。在数学领域，刘徽创割圆术，祖冲之的圆周率计算达到相当七位小数的精度，遥遥领先于世界。

中国科学第一次高峰期最突出的成就是几何学，而且“非实用性”是促成其发展的原因^①。这又与玄学易的理性主义相关。

东汉末年，太学和郡学与党争配合批评时政的清议导致“党锢”之祸，许多倡导清议的学者遭监禁。太学为鸿都门学取代，清议转为探求玄理。曹魏废察举而行“九品中正”选官法，通经致仕之途受阻，读书做官的意识逐渐淡化，经学亦遭冷落。曹魏时期的经学大师王肃，倡导放弃对功名利禄的追求：“与其屈己以富贵，不若抗志以贫贱；屈己则制于人，抗志则不愧于理。”何晏（约193—249）、王弼

^① 洪万生：《重视证明的时代》，载刘岱总主编《中国文化新论·科技篇》，联经出版公司，1982年。

(226—249) 意识到“时将大变，世将大革”，为名士们出谋划策，提醒他们注意保存自己而不要忠君，甚致可以对“动天下，灭君主”而不顾。

这种政治背景下的知识分子的心态和要求在道家的思想中找到了根据。汉代的黄老学说经士族之手发展为玄学。在这种玄学风气下，两汉易学亦转向以玄学解易的道路。于是《周易》与《老子》、《庄子》并列，成为“三玄”之一。

魏晋南北朝时的易学玄学化是易学史的一大转折。这一转折是易学义理派和象数派的论争以义理派占了上峰的结果。汉代易学以象数派为主流，义理派居次位。汉代象数学发展的符号系统包含有组合数学的原始形式。就此而论象数派更近于科学。但象数学中的灾异说和谶纬迷信的神秘主义则是与科学相背离的。义理派就是在反对象数学中的这种神秘主义及其烦琐学风的斗争中兴起的。

义理派思想有两个学术根源：一是古文经学，二是老、庄学说。古文经学的兴起和延续是理性主义的表现。汉武帝“独尊儒术”，所推崇的“五经”大多并无先秦文本依据，而是凭口传整理成书的。《书》出于伏生，《礼》出于高堂生，《春秋公羊传》出于公羊氏和胡毋生。自景帝以降，逐渐发现古文经与今文经之不同，从而动摇了今文“五经”的神圣地位。鲁恭王在孔子宅墙壁中发现用六国古文字写成的《尚书》、《礼记》、《论语》、《孝经》等数十篇，当时未引起重视。成、哀之时，刘向和刘歆父子俩提出将古文经学列于学官，亦遭今文博士群起而攻之。王莽摄政始立古文经学于学

官。此后古、今经文之争渐烈，以至章帝不得不召开白虎观会议亲决。其结果《白虎通义》以谶纬迷信改造儒学，使古文经学仅有的一点考据理性精神也被扼杀。东汉末年马融（79—166）、王肃等经学家重新恢复早期儒学和古文经学，作为古文经学的费直易学传统被继承。与此同时，玄学家何晏、向秀（约227—272）有关《周易》的注释，也以义理为主而颇近费氏易学。本来《易传》就是儒、道思想融合的结晶，在以道家思想为核心的玄学思潮影响下，其中的道家思想得到进一步发挥的文化土壤。曹魏时期古文经学的发展和老、庄玄学的兴起相结合使汉代易学转向了玄学解易的道路。

玄学派易学的代表人物是王弼和韩康伯。王弼易学一方面阐发古文经学解易的学风，另一方面以玄学观解释《周易》。王弼易学的总倾向是使易学原理抽象化和逻辑化。就其与科学的关系而论，他在讨论言、象、意之间的关系时所提出的“忘象以求意”（《略例·明象》）说，为科学提供了理性主义的哲学支持。他强调追求现象（象）背后的本质（意）到“忘象”的程度，在“象外求道”就有唯理论的味道了。朱伯崑在其《易学哲学史》中对王弼易学作出如下评论：

他大讲取义说，要求人们探讨卦爻象和卦爻辞的义理，一扫汉易中象数派的烦琐的解易学风，给人们带来清晰明快、简炼而意义深远之感，特别是

取义说，打击了以讖纬为中心的今文经学，这在古代学术史上可以说是一次解放。王弼的取义说，就其理论思维说，是重视《周易》经传中的抽象的原则，阐发《系辞》所说的“其称也小，其取类也大”，“其事肆而隐”等观点，认为抽象的德性可以概括具体的物象，不能被卦爻中讲的具体物象所迷惑而丢掉其抽象的原则，表现了其易学的理性主义倾向。

韩康伯进一步阐发王弼易学，成为玄学易的另一代表人物。他注《系辞》，以义理解释《易传》的概念和范畴，力图摆脱占筮和占候之术。他的著名的“体神明理”观，是对王弼“忘象求意”说的发展。他将《系辞》中“神而明之，存乎其人”解释为“体神而明之，不假物象，故存乎其人”，强调依靠精神去体认事物之理，而不必通过物象。在解释《系辞》“精义入神，以致用”时，他说：“精义，物理之微者也。神寂然不动，感而遂通，故能乘天下之微，会而通其用也。”这是强调认识事物之理要靠人的精神去感应和掌握。

宋、元时期是几个政权纷争的时代，宋、辽、西夏、金、元交错对峙。但中国传统科学技术竟在此期间发展到它的顶峰。举世赞誉的三大发明在此时成熟、完善并开始获得其重要的应用。许多居世界之首的技术发明和科学发现接踵而来，特别在数理科学领域的不少成果遥遥领先世界。苏颂等人制造的水运仪象台中就有三项技术居世界第一。秦九

韶、李冶、杨辉、朱世杰等一批杰出的数学家所发明的高次方程数值解、天元术、四元术、大衍求一术、垛积术、招差术等早于欧洲同类发明数百年。在实验科学方面赵友欣在三层楼中用千余支腊柱所进行的光学成象实验，规模之大在当时的世界上是无有可比的。像沈括那样的作出多方面贡献的全才科学家在当时的世界上也是少有之例。这种科学发达之势，有其科学自身积累作为进步的基础，也必有科学外部条件的支持。作为文化背景之一的宋代理学确实提供了发扬科学理性的哲学基础。

“理性”范畴为北宋理学家程颐和程颢（1032—1085）提出并阐述，程颐说：“凡眼前莫非是物，物物皆有理，如火之所以热，水之所以寒，至于君臣父子之间皆有理”（《程氏遗书》卷十九）又说：“一草一木皆有理，须是察。”（《宋元学案·伊川学案上》）。周敦颐讲学于庐山，张载讲学关中，程颐、程颢和邵雍讲学于洛阳，学术不一，各树旗帜，广收门徒；南宋有朱熹与陆九渊（1139—1193）学术之争；这一切都表现了一种学术自由的气氛，成为理性发展的一种良好的文化环境。在这样的一个理性大发展的时代，在许多领域中“术”开始代之为“学”。“数学”从“象数”中分离出来，邵雍提出“物理之学”的概念，作为“仁术”的医术也被程颢称为“医学”（《遗书》卷十二），沈括在阐述乐律时使用了“声学”（《梦溪笔谈》卷六乐律二古乐钟磬条）。自然研究从“术”向“学”转变的动力之一，就是宋代的理性实学的学术取向。宋、元科技，特别是数理科学高峰的出现

与此有关。

明代有郑和（1371—1435）七次远航壮举，营造名闻世界的紫禁城，扩修万里长城，贯穿南北的大运河经著名工程师白英之手增设了汶水分流和河闸，为治理黄河潘季训（1521—1595）发明束水攻沙法并著《河防一览》。特别是在晚明，中国传统科学技术放出最后一道光彩，在不到百年的期间内出现了五部综合传统科技的巨著。李时珍（1518—1593）著《本草纲目》，对本草学进行了一次大综合。朱载堉著《乐律全书》（1536—1611），对传统律学进行了综合。徐光启（1562—1633）著《农政全书》，对传统农学进行了大综合。徐弘祖（1586—1641）著《徐霞客游记》，对传统水文地理进行了大综合。宋应星著《天工开物》，对传统农业和手工业技术进行了大综合。

造成晚明科技光彩的因素很多，文化的因素为其一。明中叶以降关于“格物致知”的空前大讨论与科技密切相关。这时对“格物致知”的理解，由于阳明心学成为时代精神的特征，因而增加了新的内容。王守仁的心学主“良知良能”，其易学观主张“良知即易”，谓格物致知“当自求诸心”。明清之际学者方以智受阳明心学影响而提出：“格物之则，即天之则，即心之则。”1901年，蔡元培（1868—1940）曾把“格物”归为“归纳法”，把“致知”归为“演绎法”^①。这种

^① 《蔡元培论科学技术》，河北科学技术出版社，1985年，第3页。

比照法无疑已赋予“格物致知”以“心之则”。近人论及心学于科技方面的作用，贬斥甚多。朱君灿在讨论方以智科学哲学思想时提供了另一种见识：

宋代理学集大成的朱熹标榜“即物穷理”，力撰《大学格物补传》，而其学并号朱学，颇重“道学问”之途，但至明代后，朱学已见支离支蔓，加之标榜为官学，诉诸八股，学者颇病之，在科技上，物类之分也不是表面观察即可。这种情况到了王阳明，提出“即心即理”的呼吁。这反映在科学哲学上的便是从“以物格物”的时期到了“以心格物”的时期，或者说自孟子的感官“小体”时期到了心智“大体”的时期。阳明的格竹成病大悟便是一大契机，他悟到徒以感官格物，成天面竹不足以格物，必须心智上想出办法来，格物方可有成。^①

他认为，正是这种以心之“大体”为方法提纲，明代科技才有其辉煌成就。李时珍的本草自然分类法，朱载堉的律学，宋应星的声学，徐霞客的地形观察与分析，方以智的光学，皆与此有关。

① 刘君灿：《方以智》，东大图书公司，1988年，第22页。

易学与天文

不仅“天文”一词出于《易传·系辞》，而且作为中国天文学两个主要方向的历法和宇宙论也与易学的某些观念密切相关。宋王应麟著《六经天文编》对天文易说陈述颇详。当代天文学家陈遵妫在其《中国天文学史》中明确提出：“中国古代天文学是在《周易》哲学思潮影响下发展起来的。”^①

● 易学卦气说与历法表示系统

《易传·说卦》提出八卦与四方和季节相配的思想，《易传·系辞》论筮法有“五岁再闰”和“乾之策二百一十六，坤之策百四十有四，凡三百六十策，当期之日”的说法。陈遵妫认为，“五岁再闰”句指五年设置两个闰月，三百六十策表示一年的日数，六十四卦代替星座。他说这并不表明当时不知道一年的日数是三百六十五又四分之一日和十九年七闰月的方法，而是概略的说法。如果断定《系辞》为战国后期的作品，那么《系辞》的作者不会不知道，因此我们应该换个角度来探讨它。《系辞》作者在这里提出的是一种便于

^① 陈遵妫：《中国天文学史》第一册，上海人民出版社，1980年版，第94页。

干支记日法的编历系统。这个系统是每年历日三百六十天，每月历日三十天，每五年置闰月一次。《系辞》作者之所以这样作，可能是企图把历法纳入六十四卦系统，用六十四卦的符号系统表示历法。

西汉末年，扬雄作《太玄》，企图用他的八十一首来表示历法。他把每首分为九赞，八十一首七百二十九赞，每二赞代表一日，一赞为昼，一赞为夜，共三百六十日半，更加“踦赢”二赞，表示一年的日数。他还根据他的《太玄》图把一年四季分为九段，名为九天。他认为他这套：“与泰初历相应，亦有颛顼之历焉。”

汉代易学家用卦象模拟四时更替和气候变化的“卦气说”不仅是易学天文历法结合的表现，而且对后世的历法产生了影响，一度被一部分历法家视为历法的理论基础。西汉末刘歆作《三统历谱》，极力想把历法建立在易学理论的基础上。汉以后的许多历书引卦气说解释历法，如东汉末年的《乾象历》、北魏的《正光历》、唐《大衍历》等。一些著名的天文历算家，如东汉张衡对卦气说有所肯定，对《太玄》极为推崇，认为《太玄》之学二百年后必兴；唐张遂造“大衍历”并著《历本议》，遂成为引卦解说历法的代表人物。不必多加评论，张衡的“预言”并未出现；对刘歆古人已有批判，认为他“以《春秋》、易象推合其数，盖傅会之说”^①；唐高僧一行（683—727）的《历本议》也被今人认

① 《新唐书·历志一》。

为是附会《周易》的象数语言^①。

编制历法的根据来自天文观测，绝不是从先验观念推论出来的。但是经验材料需要以一定的理论框架来整理。六十四卦符号系统具有一定的逻辑功能，清王夫之不赞成象数易学，但却肯定“易可衍历”。刘歆的工作除了傅会之外，还有其追求宇宙和谐、利用六十四卦作为历法表示系统的合乎理性的种种努力。一行《历本议》的主旨也在于阐明以《周易》的概念和符号系统表示历法。《新唐书·历志三上》有关他的那段2100字左右的文字很值得研究。从科学的角度看，它是企图把演绎法和观测结合起来。通过前面我们对易学思维的符号学特征和科学理性的分析，作为“前科学”的《周易》的演绎体系是不难理解的，因而对于一行把他的历法命名为“大衍历”也是不难理解的。虽然其中不乏附会，并且卦气说作为历法表示系统的尝试终未成功，也不应忽视古人的心力追求。当代已经有人注意到《周易》象数推演的演绎特征，并认为在宋代它为演绎法的应用打开了一道广阔的观念认识之门，认为秦九韶的《求一术》、蒋周的《益古》、李文一的《照誉》、刘汝楷的《如各释锁》、李德载的《两仪群英集》、刘大监的《乾坤括囊》等著作都受到它的深刻影

^① 钱宝琮：《从春秋到明末的历法沿革》，《历史研究》，1960年第3期。

响^①。

●宇宙图象的形成与易学

所谓“图像”是人们把握经验的一种逻辑规程。对同一经验对象，人们可以建立不同的图象模式。宇宙图象不具有唯一性，任何图象模式都有其文化背景。秦汉时期形成的宇宙图象模式包括生成模式、结构模式和过程模式，它不仅是天文历法的宇宙论基础，而且为中国传统科学范式的形成提供了关于宇宙的一个概念构架。这些宇宙图象模式的形成，明显地与易学相关。

一、生成模式

虽然最简的宇宙生成思想源于《老子》书中的“道生一，一生二，二生三，三生万物”，但《易传》最早将其模式化为：“易有太极，是生两仪，两仪生四象，四象生八卦”。《淮南子·天文训》对宇宙生成模式的发展在于，给这种逻辑程式增加了不少物理内容：

天地未形，冯冯翼翼，洞洞漉漉，故曰太昭。
道始于虚霏，虚霏生宇宙，宇宙生元气，元气有涯垠。清阳者，薄靡而为天；重浊者，凝滞而为地。

^① 刘载锋：《宋代早期哲学对科学发展的影响》，载《科学传统与文化》，陕西科学技术出版社，1983年。

清阳之合专易，重浊之凝竭难，故天先成而地后定。

天地之袭精为阴阳，阴阳之专精为四时，四时之散精为万物。积阳之热气生火，火气之精者为日。积阴之寒气为水，水气之精者为月。日月之淫为精者、为星辰，天受日月星辰，地受水潦尘埃。

《易纬·乾凿度》论卦爻以宇宙生成为据，其程式更详尽：

昔者圣人因阴阳，定消息，立乾坤以统天地也。夫有形生于无形，乾坤安从生？故曰有太易，有太初，有太始，有太素也。太易者未见气也。太初者气之始也。太始者形之始也。太素者质之始也。气形质具而未离，故曰浑沦。浑沦者言万物相浑成而未离。视之不见，听之不闻，循之不得，故曰易也。易无形畔，易变而为一，一变而为七，七变而为九，九者气变之究也。乃复变而为一。一者形变之始，清轻者上为天，浊重者下为地。物有始有壮有究，故三画而成乾。乾坤相并俱生。物有阴阳，因而重之，故六画而成卦。

《孝经纬·钩命诀》把宇宙的早期演化称为“五运”：

天地未分之前，有太易，有太初，有太始，有太素，有太极，是为五运。形象未分，谓之太易。无气始萌，谓之太初。气形之端，谓之太始。形变有质，谓之太素。质形已具，谓之太极，五气渐变，谓之五运。

上述诸论皆非出自科学家之口，但科学家张衡在其《灵宪》中的论述也与此类似：

太素之前，幽清玄静，寂寞冥默，不可为象。厥中惟虚，厥外惟无，如是者永久焉。斯谓溟滓，盖乃道之极也。道根既建，自无生有。太素始萌，萌而未兆，并气同色，混沌不分。故道志之言云：“有物混成，先天地生。”其气体固未可得而形，其迟速固未可得而纪也，如是者又永久焉。斯谓庞鸿，盖乃道之干也。道干既育，有物成体。于是元气剖判，刚柔始分，清浊异位。天成于外，地定于内。天体于阳，故圆以动；地体于阴，故平以静。动以行施，静以合化，埏郁构精，时育庶类。斯谓太元，盖乃道之实也。

二、结构模式

宇宙结构模式源于秦汉时期形成盖天说、浑天说和宣夜说等宇宙论。前两种有明确的天体结构模式。这两种学说的

宇宙结构模式可以概括为“天圆地平”。最早的盖天说出于周代，它主张“天圆如张盖，地方如棋局”（《晋书·天文志》）的所谓“天圆地方”说。到春秋时期，孔子的弟子曾参（约前 505—前 435）对此说提出疑问：“天圆而地方，则是四角之不揜也。”孔子加了一个“道”字，谓“天道曰圆，地道曰方”，将这一有关结构的命题转换为有关其规律的命题（《大戴礼记·曾参·天圆》）。秦相吕不韦又对孔子的话作了解释：“天道圆地道方，圣王法之所以立上下。何以说天道之圆也？精气一上一下，圆周复杂，无所稽留，故曰天道圆。何以说地道方也？万物殊类殊形，皆有分职，不能相为，故曰地道方”。（吕氏春秋·季春纪·圆道）此谓第一次盖天说。

第二次盖天说以《周髀》提供的“天象盖笠，地法覆盘”构形为代表。将这种模式理想化，天和地就是同心又同曲率的两个半球曲面。可是，在该书中，立圭表测日影长和北极出地高，运用勾股定理计算以确立数学模型，都是基于地平观念进行的。科学家钱宝琮（1892—1974）曾举出 10 条数学特征，其中包含地平假设^①。

浑天说，就其天球概念说，可以认为慎到（前 395—前 315）的“天体如弹丸，其势斜倚”（《慎子》）是其萌芽。这里并不涉及大地形状问题。惠施（前 370—前 310）的“南

^① 钱宝琮：《盖天说源流考》，载《科学史文集刊》，创刊号，1958 年。

方无穷而有穷”及“天之中央，燕之北、越之南”论辩命题，可以推论出大地球形概念。浑天说流行于汉代，扬雄《新论》记载他同桓谭（前20—前50）在白虎殿廊下讨论盖天与浑天问题。这次讨论使扬雄的观点从盖天转为浑天，并提出“难盖天八事”。扬雄给出的浑天说发展史是：“或问浑天，曰落下闳营之，鲜于忘人度之，耿中丞象之。”（《法言·重黎》）有关浑天说较为完备的记载出现在张衡的《浑仪注》^①中：

浑天如鸡子。天体圆如弹丸，地如鸡中黄，孤居于内，天大而地小，天表里有水。天之包地，犹壳之裹黄。天地各率气而立，载水而浮。周天三百六十五度又四分度之一；又中分之，则一百八十二度八分度之五复地上，一百八十二度八分度之五绕地下。故二十八宿，半见半隐。其两端谓之南北极。……两极相去一百八十二度半强。天转如毂之运也，周族无端，其形浑浑，故曰浑天也。

将这种模式理想化，天和地是两个同心球面。但是，张衡在《灵宪》中论天地生成时所说的“天体于阳，故圆以动；地体于阴，故平以静”。显然在大地形状方面是矛盾的。于是对浑天说中大地形状问题争论不已。已有若干著作论证

^① 陈久金论证《浑仪注》非张衡所著，当晚出100年。

浑天说的结构模式是“天圆地平”说。《灵宪》关于大地形状为“地平”观似无疑义^①。对于《浑仪注》关于大地形状的观点认识尚不一致。对于主地圆说的诸论这里不论，对于主地平说观点略加介绍。李志超和华同旭认为，《浑仪注》也是地平观，最主要的证据是“周天三百六十五度四分度之一，又中分，则半覆地上，半绕地下”一语，只有平直大地才能均分天球为二^②。宋振海的更广泛的讨论确认，中国古代关于大地形状的观点是地平观^③。他从地图技术、大地测量和航海领域的实践，论证中国人持地平观。

关于这两种结构模式的优劣问题，长期以来多认为盖天说不如浑天说。薄树人关于盖天说的一篇文章结论说，同浑天说相比盖天说没有发展前途。它引起主浑天地平说的金祖孟的反驳，认为盖天说比浑天说优越^④。

三、过程模式

过程模式是“五行”系统。它源于“五方”和“五材”两个概念。在殷虚甲骨文中，殷人把自己居住的地方叫“中

① 如唐如川：《张衡等浑天家的天圆地平观》（载《科学史集刊》第4辑，1962年）；陈久金：《浑天说的发展历史新探》（载《科技史文集》，第一辑，上海科学技术出版社，1978年）。

② 李志超、华同旭：《论中国古代的大地形状概念》，《自然辩证法通讯》，第8卷（1986），第2期，第51—55页。

③ 宋振海：《中国古代传统地球观是地平观》，《自然科学史研究》，第5卷（1986），第1期，第54—60页。

④ 金祖孟：《三谈〈周髀算经〉中的盖天说》，《自然科学史研究》，第10卷（1991），第2期，第111—119页。

商”，周围叫“东土”、“南土”、“西土”、“北土”，并且东、南、西、北、中“五方”的概念又与春、夏、秋、冬的季风相联系。“五材”概念始出西周时期，有几种类似的说法：“水火者，百姓之所饮食也；金木者，百姓之所兴作也；土者，万物之所资生也，是为人用。”（《尚书大传·周传》）、“天生五材，民并用之，废一不可。”（《左传》襄公二十七年）、“故先王以土与金、木、水、火杂，以成百物。”（《国语·郑语》）。《洪范》将“五材”概念转变为“五行”概念：“五行：一曰水，二曰火，三曰木，四曰金，五曰土。水曰润下，火曰炎上，木曰曲直，金曰从革，土爰稼穡。润下作咸，炎上作苦，曲直作酸，从革作辛，稼穡作甘。”（《尚书·洪范》）这里的水、火、木、金、土已不再是五种具体物质材料，它已具备功能符号的意义。但在这里它只是作为“功能”要素出现，还不是“过程”要素，因为它们之间的次序关系还没有被规定。

继《洪范》之后，《礼记·月令》、《吕氏春秋》、《黄帝内经》等著作，在不断扩大“五行”作为功能符号作用的同时，将其发展成为描述循环过程的一种逻辑规程。人们以水、火、木、金、土作为五个符号，从功能分类视角，提出五气、五色、五味、五音、五季、五脏、五官等种种对应规则。其中不乏形式主义的牵强附会，但“五行”的功能符号意义在发展这种对应规则的过程被确定下来，其意义毕竟是重大的。“五行”生胜关系提出之后，“五行”就转变为一个稳定循环过程的五个阶段，从而水、火、木、金、土又从功

能的要素转变为过程的要素。

关于“五行”生胜次序演变的历史对本论题并不重要。所以我们的讨论直接进入历史确定下来的生胜关系。相生之序为木生火、火生土、土生金、金生水、水生木，相胜之序为木胜土、土胜水、水胜火、火胜金、金胜木。这是两个循环过程。如果将“五行”按木、火、土、金、水的顺序排列成一个圆环，那么它们依此序彼相生、间相胜。并且可以用现代数学方法证明，具有生胜两种循环过程的系统，五行系统是最简单的系统。过程的这种逻辑规程在数学上是非常完美的，尽管具体运用的许多历史案例是极不科学的。

其与易学的关系，表现在“五行”与“易卦”相结合的种种模式。这样的模式首先由京房提出。《易传》中并没有引进“五行”概念，只到天地数贵五的程度。京房以“生吉凶之义，始于五行，终于八卦”为出发点，提出五行爻位说。此说的基本精神是“八卦分阴阳，六爻配五行”。其具体规则，八宫卦配五行本《易传·说卦》，而爻位配五行则本《礼记·月令》。

《易传·说卦》中有乾为金、坤为地、震为蓍、巽为木、坎为水、离为火、艮为山、兑为刚。京房将地和山改为土，蓍意为草木开花之象故改为木，而刚改为金，完成八卦与五行的配伍。

《礼记·月令》有五行配四季十二月说，春为木、夏为火、秋为金、冬为水，土散配四季之中：

正月，寅，木	七月，中，金
二月，卯，木	八月，酉，金
三月，辰，土	九月，戌，土
四月，巳，火	十月，亥，水
五月，午，火	十一月，子，水
六月，未，土	十二月，丑，土

京房依此，并按阳爻配阳支、阴爻配阴支，完成八卦各爻的五行配伍。朱伯崑将其配伍结果绘为图 30 所示。

	兑金	艮土	离火	坎水	巽木	震木	坤土	乾金
上爻	土	木	火	水	木	土	金	土
五爻	金	水	土	土	火	金	水	金
四爻	水	土	金	金	土	火	土	火
三爻	土	金	水	火	金	土	木	土
二爻	木	火	土	土	水	木	火	木
初爻	火	土	木	木	土	水	土	水

图 30 京房五行六位图

易学与数学

易学与数学的关系包括以数学治易学和易学治数学两个方面。由于篇幅的限制，本节重在阐述易学对数学发展之影响，像朱熹的大衍数勾股解之类不拟介绍。甚至，有关易学

比类方法对数学的影响，由于第一章“比类论”中已有所讨论，其中涉及沈括、贾宪、杨辉、朱世杰等人数学研究的那些在我的《易学科学史纲》已有介绍，这里也不讨论。我们这里只讨论易学与数学范式的形成、易学数学派与科学的数学、筮法的同余结构与大衍求一术三个问题。

● 易学与数学范式的形成

大约成书于西汉时期的《周髀算经》和《九章算术》中的数学思想在很大程度上确定了中国传统数学的范式。虽说这两部书都将算术的远源推及相传画八卦的包牺氏未必真实，但其中作为其数学范式基础的思想确有《周易》的影响。对于中国数学范式的形成，人们多把注意力集中在《九章算术》，唯新近出版的刘振修的《〈周易〉与中国古代数学》（1993年）对《周髀算经》予以了充分的注意。

一、《周髀》圆方论

《周髀》虽说主要是一部阐明盖天说和四分历的天文学著作，但该书最早引用勾股定理和提出“数之法出于方圆”的论断。而这种“圆方论”，不仅是中国几何学的开端，而且引出了从圆方到勾股定理，再到割圆术乃至尖锥术，这样一条明显有别于西方的数学发展道路。

《周髀算经》原作者无确考，大概非一人之作。汉灵帝时蔡邕于朔方上书、《隋书·经籍志》和《唐书·艺文志》言及《周髀》书及其注家三国吴人赵爽、北魏甄鸾。唐李淳风

(602—670) 在选编数学课本时重注，将其列为“十部算经”之第一部，并给它以《周髀算经》之名。近人钱宝琮所撰《周髀算经考》提供了该书之流传注疏情况。

《周髀算经》书之首章言昔周公与商高对话。周公问：“窃闻大夫善数也，请问古者包牺氏立周天历度，夫天不可阶而升，地不可得尺寸而度。请问数安从出？”商高答：“数之法出于圆方，圆出于方，方出于矩，矩出于九九八十一。故折以为勾广三，股修四，径隅五。既方其外半其一矩，环而共盘得成三四五。”赵爽对此有注释如下：

圆径一而周三，方径一而匝四。伸圆之周而为勾，展方之匝而为股共结一角，斜适弦五。此圆方斜径相通之率。故曰“数之法出于方圆”。圆方者天地之形，阴阳之数。然则周公之所问天地也，是以商高陈圆方之形，以见其象，因奇偶之数，以制其法。所谓言约旨远，微妙幽通矣。

赵爽这段话有两个要点。第一他以单位直径的圆周三和单位边长的正方形周长四分别为勾和股而成两直角边，其斜边为恰为弦五，对勾三股四弦五的勾股弦定理给出解释。第二圆周率取近似值三，显然是出于圆方配阴阳、奇偶。不妨再看他的进一步说明：“物有圆方，数有奇偶。天动为圆，其数奇。地静为方，其数偶。此配因阳之义非实天地之体也。”圆周率取三固不精确，但毕竟在整数范围内，借阴阳

原理建立了形与数的比率关系。勾股定理依圆方论而为出发点得以发展。

从南北朝时期的刘徽到清代的李善兰 (1811 — 1882), “数之法出于圆方”这一思想在数学的种种实践中, 结出丰硕成果。刘徽注《九章算术》亦遵循阴阳原理, “观阴阳之割列, 总算术之根源”, 不光许多圆方问题从平面发展到立体, 其计算多运用分解圆方。他的著名的“割圆术”, 在圆内作内接正多边形及借助勾股定理的相关计算, 实为分解圆方术的第一次成功的发展。刘徽运用他的割圆术, 通过圆的内接正 192 边形的计算, 把圆周率的精度提高到相当 $\pi = 3.1416$ 。祖冲之著《缀术》, 其书失传, 但他的相当 $\pi = 3.1415926$ 当这样七位小数的圆周率计算结果因它书援引而被保存下来, 其法被推测当为刘徽的“割圆术”。若果为此法, 获得的如此高之密率要计算圆的内接正 614412288 边形。印度人伏拉罕密希拉 (Varāha - Mmihira) 很可能说受刘徽割圆术的启发而创制正弦表^①。北宋沈括的“会圆术”把圆方论引到求圆弧长。郭守敬 (1231 — 1316) 等人将其法用于天文测量。稍后有赵友钦以正 16384 边形割圆, 是刘徽思想的继续。李冶 (1129 — 1279) 的《测圆海镜》(1248 年) 沿分解圆方发展到求直角三角形的内接圆。梅文鼎 (1633 — 1721) 著《方圆幂积说》(1710 年), 系统地讨论了: (1) 方中容圆、圆中容方, 方边与圆径之比, 方面积与

^① 钱宝琮:《中国数学史》, 第 112 页, 科学出版社, 1964 年。

圆面积之比；(2) 立方容球、球中容立方，立方边与球径之比，立方体积与球体积之比；(3) 方圆面积相等，方边与圆径之比，方周与圆周之比；(4) 球面积与外切圆柱面积之比；(5) 截球体的表面积与它的体积。李善兰著《方圆幽秘》(1845 年) 阐述他的尖锥求积术，依分解圆方走向“微积分”。

圆方论的数学比率特征也被用于律历研究。“三分损益”定律法之损益比的数学根据就是来自方圆相容图。对此我的《圆方奥秘：易学与科学的互动》已有专门的讨论。明朱载堉创十二平均律本圆方论。他在为进呈他的律学著作《律律学新说》(1584 年) 和《律吕精义》(1596 年) 所写的《上神宗表》(1606 年) 中说：

新法算律与方圆，用勾股术，其法本诸《周礼》“栗氏为量，内方尺而圆其外”。夫内方尺而圆其外，则圆径与方斜同，知方之斜，即知圆之径矣。方边即黄钟，圆径径即蕤宾，由蕤宾可生南吕，由南吕可生应钟，则始终循环，诸律皆可相生，安有往而不反之理哉。

方圆论是他的造律的重要的数学指导思想和数学工具。在其《律吕精义》中他利用方圆相容的方圆比率关系定律管的围径，还给出密率源流图。

稍后黄道周(1585—1646)著《易象正》，其中绘有

“天方图”，一个19层的方圆相函图。他说：“凡诗春秋，剖方剡圆之气朔，外盈内虚之分，黄赤南斜北眙倚之度，日月交会冲食之故，皆备于天方图。天方图无言语文字，而自有图象以来，言语文字皆从此出。围径积实，方田圭黍，弦弧面冕，勾股周髀，皆以天经易纬相为表理。”他还提出天方图为“三分损益之所从出也，道未有出于三分损益者也”。更具体指出生律法与方圆相函几何之关系是清人李光地。他说：“方之内圆，必得外圆之半，其外圆必得内圆之倍；圆之内方，必得外方之半，其外方亦必得内方之倍。律之上生，为下生之倍，下生为上生之半，其理一也。”。其后有徐养原著《律吕新义》，因李氏说推出圆幂或方幂的倍半，以扩充其义，并绘11层方圆相函图，以示“方圆相函，而幂积相因，方与方应，圆与圆应，造化自然之法如此，声律亦犹是也”。江永在其《河洛精蕴》中复为阐发。当代音乐家吴南薰所著《律学会通》（1964年），经核验而对此一一加以肯定。

二、《九章》范式

《九章算术》对中国传统数学范式的形成影响极大。该书非一人一时之作，内容包括方田、粟米、衰分、少广、商功、均输、盈不足、方程、勾股九章，共246题。囊括了现今初等数学中算术、代数和几何的大部分内容。东汉时马融、郑玄等读过这部书，光和二年被朝廷定为校核度量衡的依据。魏晋人刘徽为之作注，唐李淳风再释。唐设算学博士，《九章算术》被列为教科书，宋承唐制，也规定其为必

修科目之一。后世数学著作多宗《九章算术》体例，唐王孝通（活动于6—7世纪之交）的《辑古算经》、宋杨辉的《详解九章算法》、明吴敬（15世纪）的《九章算法比类大全》和程大位（1533—1606）的《直指算法统宗》、清屈曾发的《九数通考》和顾观光（1799—1862）的《九数存古》等，多与《九章算术》有“血缘”关系。隋唐时期还留传到朝鲜和日本。自20世纪以来，世界上不少数学史家将其作为研究对象。在日本、原苏联和欧美都出版有研究著作。历史研究表明《九章算术》中有关分数、比例和正负数的概念和运算早印度800年，早欧洲千余年，在世界数学史上有重要地位。

吴文俊在其为《〈九章算术〉与刘徽》所作的序文中称：

《九章算术》是我国数学方面流传至今最早也是最重要的一部经典著作。它承前启后，一方面，总结了秦汉以前的数学成就，另一方面又成为汉代以来达两千年之久数学研究与创造的源泉。特别是三国时期魏刘徽的《九章注》，对数学理论多所阐发，影响深远。总之，《九章算术》与刘徽《九章注》，对数学发展在历史上的崇高地位，足可与古希腊《欧几里得几何原本》东西辉映，各具特色^①。

^① 载《〈九章算术〉与刘徽》，吴文俊主编，北京师范大学出版社，1982年，第1页。

根据数学史家们的研究,《九章算术》所确立的中国数学范式可以归结为三方面:一从实际问题出发,发明解决问题的方法数学观^①,二以计算为中心形数结合的数学理论体系^②,三“析理以辞,解体用图”逻辑与直观结合的数学推理方法^③。《九章算术》的范式与《欧几里得几何原本》范式相比,旨异途殊。

探讨《九章算术》及其所确立的数学范式形成的易学影响,最直接的材料是刘徽《九章算术注》原序。刘徽生平不详。《晋书·律历志》和《隋书·律历志》都只记载其“魏陈留王景元四年(263年),注《九章》……”,宋刻本《九章算术》题“魏刘徽”。关于籍贯,《宋史》卷一〇五记封爵事,有“封……刘徽淄乡男”语。近人考证确认他是汉文帝刘恒之子梁孝王刘武五世孙菑乡侯刘就的后人^④。刘徽著《九章算术注》及《重差》和《九章重差图》各一卷,《九章重差图》已佚。《重差》原作为第十章附于《九章算术注》,

① 杜石然等编著:《中国科学技术史稿》,止册,科学出版社,1984年,第185页。

② 李继闵:《略论〈九章算术〉理论体系之特色》,吴文俊主编《〈九章算术〉与刘徽》,北京师范大学出版社,1982年,第51—57页。

③ 李迪:《刘徽的数学推理方法》,吴文俊主编《〈九章算术〉与刘徽》,北京师范大学出版社,1982年,第95—119页。

④ 郭书春:《刘徽祖籍考》,《自然辩证法通讯》,第14卷(1992),第3期,第60—63页。

后以《海岛算经》单行。

《九章算术注》九卷，论证了《九章》的公式解法，发展了出入相补原理、积面积原理、齐同原理和率的概念，在圆面积公式和锥体体积公式证明中引入了无穷小分割和极限思想，首创求圆周率的正确方法，指出并纠正了《九章》的某些不精确的或错误的公式，创造了解线性方程的互乘相消法与方程新术，用十进分数逼近无理根的近似值等，使用了大量的类比、归纳推理和演绎推理^①。

刘徽的思想与易学的某种联系，可从其《九章算术注》序中窥见一斑。序中的下述两段话直接言及易学：

昔者包牺氏始画八卦，以通神明之德，以类万物之情，作九九之术以合六爻之变。暨于黄帝神而化之，引而伸之，于是建历纪，协律吕，用稽道原，然后两仪四象精微之气可得而效焉。记称隶首作数，其详未之闻也。按周公制礼而有九数，九数之流，则《九章》是矣。

徽幼习《九章》，长再详览。观阴阳之割裂，总算术之根源，探之暇，遂悟其意。是以敢揭顽鲁，采其所见，为之作注。

第一段是说数学的起源与八卦的关系，第二段说他受易

^① 郭书春：《中国古代数学》，山东教育出版社，1991年。

学阴阳原理之启迪而作《九章》注。他的著名论断“析理以辞，解体用图”，也是根源于易学。《易传》中多处论及象、数、理的关系。刘徽的研究对象是“数”，他的“析理以辞，解体用图”之说就是依据这种关系，用“理”和“象”（图）去研究数学。他首创割圆术以计算圆周率，算出圆内接正192边形面积，从而求得圆周率的近似值 $\pi \approx 3927/1250$ （合3.1416）。在直线型图形面积积求法中，他广泛采用出入相补原理；在直线型体积求法中，以三种基本几何体为基础推导其他算法；对圆形面积他以割圆术为基础，附以截割原理论证；对勾股、测望问题借勾股原理、相似性质导出生差理论。在算法方面，他以约分术为基础，借不失不率原理，将齐同术理论化，并作为理论基础应用于衰分术、少广术、均输术、盈不足术、方程术等算法领域，使算法理论化，其中“率”的概辄翎念成一切算法的核心。以往的数学由于受荀子关于概念“约定速成”思想的影响多无明确定义。刘徽的《九章》注克服了这类缺点，恢复了在秦汉时期截断的《墨经》的数学理论方向，开辟了数学理论化的新道路。

● 易学数学派与科学的数学

汉代象数学至宋代分裂为数学和象学两支。宋王侑著《东都事略·儒学传》，称“陈抟读易，以数学授穆修，以象学授种放”。穆修传李之才，李之才再传邵雍，这就是易学数学派的起源。易学数学派是从“数”的角度研究易学的群

体，邵雍为其代表。邵雍同代人，稍少于邵雍的程颐曾说：“尧夫欲传数学于其兄弟，其兄弟那得功夫，要学须是二十年工夫。”（《宋元学案·百源学案》引）

易学数学派的产生是易学与算学互动的表现之一。但它已是第二次互动。第一次互动的集中表现是刘歆以易数附会历律。他说：“大衍之数五十，其用四十九”，“推历生律制器，规圆矩方”，“莫不用焉”。这第二次互动是从“象”与“数”的关系之争而导致的对数的形上研究。汉代的象数学主要研究卦象，创造了许多卦变方法，增添了易卦的许多象征意义，把卦气说作为一种形式系统强加在当时流行的“天人感应”论的世界图式上。魏晋时期玄学派的易学成为易学的主流，其代表人物注重义理的阐发，主张“忘象以求意”。这也是汉代象数学多形式而少内容的特征为其提供了“反动”的理由。宋代重建象数学时，以“数生象”的形上观为指导原理发展出数学派，而以“象生数”为指导原理则导致象学派的形成。这两派虽在数的形上观上针锋相对，但因前者把象看作数和理的中介，而后者把数看作理和象和中介，都是兼及象、理和数的。在这种意义上，宋代象数学派兼容了魏晋义理学派的某些合理因素。

易学数学派的代表邵雍对卦象本身研究不多，主要是在前人的成果基础上，创造了一个以“先天图”为名的新卦序，并以此为出发点阐发他的“皇极经世”世界体系。太极为一；天地为二；天之阴阳与地之刚柔合而为四；四分为八则为日月星辰水火土石；天之日月星辰又生出寒暑昼夜，地

之水火土石又生出雨风露霜；寒暑昼夜变化万物的性情形体，雨风露雷化育走飞草木，从而衍生出万物之类。日月星辰可排列出日日、日月、日星、日辰、月日、月月、月星、月辰、星日、星月、星辰、辰日、辰月、辰星、辰辰。从水火土石至走飞草木，也都可依法衍生新类。他还按照日日之物即飞飞之物即性性之物，直至辰辰之物即草草之物即体体之物的对应关系，区分动植物。除就事物的形质分类之外，他还依干支数规定阳数为 10 和阴数为 12，刚柔与阴阳相应，其赋值也相同。阳刚和阴柔各有太少，它们各自的合数 40 和 48 分别被称其为小体数。阳刚之数 $40 \times 4 = 160$ 为阳刚大体数，阴柔之数 $48 \times 4 = 192$ 为阴柔大体数。大体数减小体数，分别得阳刚用数 112 和阴柔用数 152。两大体数相乘为 17024，称为动数或植数。其自乘或称动植数之积 289816576 为动植通数。这样衍生一直到人事。他把人分为士农工商，而人之性分为仁义礼智，经排列组合而形成从士士之人到商商之人，从仁仁之性到智智之性。这样一个从太极到人事的大系统的一个历史循环叫一元，一分十二会，一会三十运，一运十二世，一世三十年，共 129600 年。在邵雍的这个世界体系中，卦象的作用居次要地位，数是第一位的，其数学本质在于它是二项式的无限次展开，并且与太衍筮法的衍卦模式是一致的。

邵雍的数学在其后学者手里有一个分叉的发展，犹如被这易学数学本身所蕴含的“一分为二”原理所支配。一支走向术数，张行成、祝泌等人为其代表。另一支则并入算学并

使之获得“数学”之名。邵雍学出李之才，李氏并通易学和历算，他实际上领导了一个包括刘羲叟和邵雍在内的一个准算家团体^①。邵雍的数学对算学发展的影响不可小看。据《金史·麻九畴传》记载，麻九畴就是经由《皇极经世书》而走向算学之路的。又据《金史·刘乘忠传》记载，精于《皇极经世书》的刘乘忠团结了包括历史上著名历算家王恂、郭守敬、张文谦在内的一批算学家。再据《元史·隐逸传》记载杜瑛和杨恭懿极推崇邵雍的数学。前者著有《皇极引用》、《皇极疑事》、《极学》、《律历礼乐杂志》，后者也精于历算并自造过历法。在金元之际，不少历算家受到《皇极经世书》的影响，包括在中国数学史上占有重要地位的李冶和秦九韶。李冶在其有关著作中对邵雍多所称赞。秦九韶“尝从隐君子学数学”（《数书九章》序），这“隐君子”可能是邵雍的后学。算学家们使用“数学”肇始于荣棨。他在1148年（绍兴十八年）《黄帝九章》序中使用了“数学”二字，而秦九韶则以“数学”入书名。

按秦九韶自序，其书写成于宋理宗淳祐七年（1247年）。1842年首次刊刻题名《数书九章》，但考察其前近600年的传抄史，发现尚有《数术大略》、《数学大略》和《数学九章》之名。宋代文献中，秦九韶同代人陈振孙在其《直斋书录解题》卷十二“象纬类”中有“《数术大略》九卷”，“鲁郡秦九韶道古撰”，而元初成书的周密著作《癸辛杂识续

① 李申：《周易之河说解》，知识出版社，1992年。

集》卷下“秦九韶传”中有“所述《数学大略》”语。其后有关记载，在《永乐大典》（1403—1408）中名为《数学九章》，北京《文渊阁书目》（1441年）记为《数学九章》，叶盛（1420—1474）《菴竹堂书目》卷五记《数学九章》，赵美琦（1563—1624）藏本为录王应麟万历抄本《数书九章》，钱谦益（1582—1664）《绉云楼书目》卷二记《数学九章》，清初钱曾（1629—1710）《也是园书目》卷一记《数书九章》，《四库全书》（1773—1781）辑永乐本名《数学九章》。秦氏书流传六个世纪，书名四出，何为原名至今难断。但“数学”一词在秦九韶后始代替算学，逐渐流传。明代顾应祥在其《测圆海镜分类释术》序中多次述及“余自幼好学数学”。明代又有以“数学”为名的书，如何尚迁的《数学通轨》（1578年）和李笃培（1575—1631）的《中西数学图说》（1631年）。清初又有杜知耕的《数学钥》（1681年）。这些足以表明易学的“数学”与科学的数学接轨的渐进过程。

现在我们回过头来讨论宋代的数理哲学。宋代三派易学家关于数与象、数与理、数与物或气的讨论，发展了数理哲学。刘牧的河洛之学，在象与数的关系问题上，提出象由数设的主张：“夫卦者，天垂自然之象也。圣人始得之于河图洛书，遂观天地奇偶之数，从而画之，是成八卦，则非率意以画其数也。”刘牧的这番话显然是对《易传·系辞》中“极其数遂定天下之象”的一种发挥。他把针对揲蓍求卦所说的这番话，解释成依河图洛书之数画八卦。实际上，刘牧持有

一种“有数而后有象”的世界观：“天地之极数五十有五之谓也。遂定天下之象者，天地之数始定，则象从而定也。”

朱伯崑对刘牧的河洛学说作出如下评论：

在刘牧看来，天地之数，大衍之数 and 五行生成之数都表现在河图洛书的图式中，其数目的排列和组合，便得出四象和八卦，数的变化决定卦象的形式。由此认为，其河洛图式，不仅包括阴阳二气变化的法则，也包括五行生成的法则，不仅包括方位，还包括时间的过程，天地万物的变化都具备此图式中，所谓“生万物焉，杀万物焉”。这样，其河图、洛书则成了世界形成和变化的模式。由于这一世界模式的结构出于天奇地偶之数的排列组合，其在哲学上必然导出数为天地万物本原的结论。^①

而刘牧的同代人李覿则全盘否定他的河洛之学，特别反对象出于数的观点。他主张有气而后有象，象和数依赖于气。在他看来，奇偶之数只是阴阳二气的象征：

古者包牺氏之王天下也，仰则观象于天，俯则观法于地，观鸟兽之文与地之宜，近取诸身，远取

^① 朱伯崑：《易学哲学史》中册，北京大学出版社，1988年，第45页。

诸物，是不专决于图书，参互而后超之者也。圣人既按河图有八方，将以八卦位焉。洛书有五行，将以八卦象焉。于是观阴阳而设奇偶二画，观天地人而设上中下三位。纯阳为乾，取致健也。纯阴为坤，取至顺也。一阳处二阴之下，刚不能属于柔，以动出而为震。一阴处二阳之下，柔不能犯于刚，以入作而为巽。……（《删定易图序论》）

李覿对刘牧河洛学说的批评揭开了宋易象数之争的序幕。邵雍把象数派的数学观同理联系起来，正如程颐所说，“至尧夫推数方及理”（《遗书》卷十八）。邵雍以理解数，主张“理数”，即数是有理的。在他看来，理与数是统一的，且同出自圣人之心：“君子于易，玩象，玩数，玩辞，玩意。象起于形，数起于质，名起于言，意起于用。有意必有言，有言必有象，有象必有数。数立则象生，象生则言彰，言彰则意显。象数则筌蹄也，言意则鱼兔也。得鱼兔而忘筌蹄则可也。舍筌蹄而求鱼兔，则未见其得也。”（《皇极经世书·观物外篇》）程颐对邵雍的数学不感兴趣，曾说“某与尧夫同里巷居三十年余，世间无所不论，惟未尝一字及数耳”（《外书》十二）。对于象与数的关系，他主张“有象而后有数”（《签张闳中书》）；对于理气与数的关系，他主张“有理则有气，有气则有数。行鬼神者，数也。数，气之用”（《易说·系辞》）。程颐与邵雍曾经有一次有趣的辩论：

邵尧夫谓程子曰，子虽聪明，然天下之事亦众矣，子能尽知邪？子曰天下之事，某所不知者固多，然尧夫所谓不知者何事？是时雷起。尧夫曰子知雷起处乎？子曰某知之，尧夫不知也。尧夫愕然曰何谓也？子曰始知之，安用数推也？以其不知，故待推而后知。尧夫曰子以为起于何处？子曰起于起处。尧夫瞿然称善。（《遗书》二十一）

南宋象数派之朱震（1072—1138）受理、气派的影响，把气、象置于第一位，主张有气而后有象，有象而后有数。而从吸收象数学的义理派易学家中，反而衍生出象数学的阐发者。其中阐发邵雍数学的是蔡氏父子。蔡元定在其《经世指要》中说：“盖超乎形器，非数之能及矣。虽然，是亦数也。伊川先生曰：数学至康节方及理。康节之数，先生未之学，至其本原，则亦不出乎先生之说矣。”蔡元定的学问近邵雍，《西山蔡氏学案》引唐氏语可以为：“孔孟教人，言理不言数。邵蔡二子欲发诸子所未发，而使理与数灿然于天地之间，其亦不细矣。”蔡元定有子蔡渊和蔡沈皆通易学，前者承朱熹义理，后者继父之学。蔡沈著《洪范皇极》，将“数”和“理”统一起来，以数解理，发展河洛之学，探索宇宙之数理法则。他极推崇数，认为“圣人因理以著数，天下因数以明理”，对数与物、数与理作出详细论述：

嗟夫！天地之所以肇者数也，人物之所以生者

数也，万物之所以得失者数也，数之体著于形，数之用妙乎理，非穷神知化独立物表者，曷足以与此哉！（《洪范皇极序》）

物有其则，数者尽天下之物则也。事有其理，数尽天下事理也。得乎数，则物之则，事之理，无不在焉。不明乎数，不明乎善也。不诚乎数，不诚乎身也。故静则察乎数之常，而天下之故无不通。动则达乎数之变，则天下之几无不获。（《洪范皇极·内篇》）

有理斯有气，气著而理隐。有气斯有形，形著而气隐。人知形之数，而不知气之数。人知气之数，而不知理之数。知理之数则几矣。动静可求其端，阴阳可求之始，天地可求其初，万物可求其化，鬼神知其所幽，礼乐知其所著，生知所未，死知所去。易曰穷神知化，德之盛也。（《洪范皇极·内篇》）

对于易学家的用以推演造化的数理哲学，许多科学家颇感兴趣。沈括曾在其《梦溪笔谈》卷七“象数”中谈及推往古兴衰运历之法，“西都邵雍亦知大略……终不知其何术”而“常恨不能尽得其法”。清王植《皇极经世直解》说及邵雍数学，赞邵子以前知著称，其数学之详不传，而推万物之大略已具（《观物外篇·十二》注）。我们在讨论秦九韶数学观时，似应对“又尝从隐君子学数学”高度重视。这里的

“数学”无疑当为易学之“数学”。联系序文中之“大衍皇极”之话，我们有理由猜测秦九韶读过《皇极经世书》，进而可以推论其书可能原题《数学大略》。

● 筮法的同余结构与大衍求一术

同余式属于现代数论，它是关于数的可除性的一种理论。

定义：命 m 为一自然数，若 $(a-b)$ 为 m 之倍数，则称 a, b 为对模 m 同余，记作

$$a \equiv b \pmod{m}$$

意即 $a-b = mK$ ， K 为一整数。

若 $a-b$ 不为 m 之倍数，则称 a, b 为对模 m 不同余，记为

$$a \not\equiv b \pmod{m}$$

在中国历史上，同余式问题首先在历法上元积年的计算中出现。上元积年 N 的计算由于下列同余式决定

$$aN \equiv R_1 \pmod{60} \equiv R_2 \pmod{b}$$

其中 a 为回归年日数， b 为朔望月日数，60 为干支周期， R_1 为本年冬至距甲子日零时的日数， R_2 为冬至距十一月平朔的日数。

同余式问题作为正式的数学问题出现在《孙子算经》中。《孙子算经》中有一题曰“今有物不知其数。三、三数之，剩二；五、五数之，剩三；七、七数之，剩二。问物几

何?”用现代同余式理论写出来就是

$$N \equiv 2 \pmod{3} \equiv 3 \pmod{5} \equiv 2 \pmod{7}$$

它的一般形式是

$$N \equiv R_i \pmod{m_i}$$

《孙子算经》只是给出这个具体问题的解法，没有提出一般原理。术曰：“三、三数之，剩二，置一百四十；五、五数之，剩三，置六十三；七、七数之，剩二，置三十。并之，得二百三十三。以二百一十减之，即得。凡三、三数之剩一，则置七十；五、五数之剩一，则置二十一；七、七数之剩一，则置十五。一百六以上，以一百五减之，即得。”明代程大位的《算法统宗》(1593年)把这种解法编成一首歌：

三人同行七十稀，
五树梅花廿一枝，
七子团员整半月，
除百零五便得知。

以上所述与易学无关，下面的讨论才是本节的中心。南宋数学家秦九韶发现筭法的同余结构，找到同余式问题的远源，提出一次同余式解法“大衍求一术”。大衍求一术所列各类问题，都可归结为 $N \equiv R_i \pmod{m_i}$ 之类的同余式问题。下面我们先分析筭法，然后讨论它的同余结构。

一、周易筭法

占筮是一种决疑活动。《周易·系辞上》有一段说明占筮

方法的文字：

大衍之数五十，其用四十九。分而为二以象两，挂一以象三，揲之以四以象四时；归奇于扚以象闰，五岁再闰，故再扚而后卦。天一，地二，天三，地四，天五，地六，天七，地八，天九，地十。天数五，地数五，五位相得而各有合。天数二十有五，地数三十，凡天地之数五十有五，此所以成变化而行鬼神也。乾之策二百一十有六，坤之策百四十有四，凡三百有六十。当期之日。二篇之策，万有一千五百二十。当万物之数也。是故四营而成《易》，十有八变而成卦，八卦而小成。引而申之，触类而长之，天下之能事毕矣。

根据历来对《周易》筮法的考察，我们在这里作一概述，作为后面对它进行数学分析的基础。筮法分“成卦法”和“变卦法”以及“释卦法”。我们先依朱熹《易学启蒙》的定式分析，与此不同的秦九韶在其《数书九章》中所述的演法待后再论。

1. 成卦法

所谓成卦法，实质上是通过对数学变演决定阴阳爻。将五十根蓍草取出一根不用，其余四十九根名为“用策”。“用策”经三变二十一演决定一爻，十八变得六爻而成卦。

第一变

第一演 将“用策”四十九任意分为 a、b 两部分，简称“分二”。

第二演 从 a 部取出一策，即“挂一”。

第三演 将 a-1 策四、四数之，即“揲之以四”，简称“揲四”。

第四演 取出第三演之余策，或一，或二，或三，或四，“归奇于扚”，简称“归奇”。

第五演 将 b 部四、四数之，亦即“揲四”。

第六演 取出第五演之余策，即“归奇”。

第七演 将第二演、第四演、第六演取出之策（一挂二扚之策）合在一起（非五即九）弃之不用，亦为“归奇”。其余之策合在一起（非四十四即四十）以备下一变用。

第二变

第八演 如第一演。

第九演 如第二演。

第十演 如第三演。

第十一演 如第四演。

第十二演 如第五演。

第十三演 如第六演。

第十四演 如第七演。

第二变弃去之策非四即八，余下备用之策或四十，或三十六，或三十二。

第三变

第十五演 如第一演。

- 第十六演 如第二演。
 第十七演 如第三演。
 第十八演 如第四演。
 第十九演 如第五演。
 第二十演 如第六演。
 第二十一演 如第七演。

第三变弃去之策非四即八，所余之策或三十六，或三十二，或二十八，或二十四。

第三变结果的四种可能的策数分别是四的九、八、七、六倍。九、八、七、六这四个数称之为“四营数”。三变毕若得营数九、七，则成阳爻，九为老阳，七为少阳；若得营数八、六则成阴爻，八为少阴，六为老阴。于是初爻成。二、三、四、五、上各爻皆依成初爻之法，各经三变二十一演而得。六爻具得而成卦。每卦六爻，每爻需经三变，故得成一卦需经十八变。

2. 变卦法

在筮法中经十八变所成之卦称为“本卦”，所变之卦称为“之卦”。任何属于六十四卦系本卦的之卦都不出六十四卦，必为其中之一。

每一本卦都有六种可能的变卦。筮法中的变卦在于求得宜变之爻，以确定之卦。高亨通过研究认为，确定之卦要用到天地之数。当演求本卦时，还要记下每爻的营数，以便计算本卦的营数。因为每爻的营数或九、或八、或七、或六，所以卦的营数，即各爻营数之和，最大者是六个九之和，五

十四；最小者是六个六之和，三十六；其他必居五十四和三十六之间。求宜变之爻的方法，按高亨的研究^①，就是将本卦的营数加上卦之爻序，使之等地之数五十五。具体做法是，首先以五十五减去本卦之营数得其余数，然后自初爻数至上爻再从上爻数至初爻，如此往复数至余数尽为止，所止之爻即为宜变之爻。所遇宜变之爻为九则变六，为六则变九，遇七、八不变。

3. 释卦法

遇不变之卦，以本卦卦辞释之；遇可变之卦，一般以本卦变爻爻辞释之。但有例外，如本卦六爻皆为九、六则称之为“全变卦”，如本卦六爻皆为七、八则称之为“不变卦”。全变卦乾卦以“用九”释之，坤卦以“用六”释之，其他全变卦以之卦卦辞释之。看不出这些释卦规则有何数学意义，故不赘述。

二、筮法的同余结构

《周易》成卦方法的机巧在于，将五十策蓍草三变二十一演而必然得下列四种可能策数之一：

$$4 \times 9 = 36$$

$$4 \times 8 = 32$$

$$4 \times 7 = 28$$

$$4 \times 6 = 24$$

^① 高亨：《周易古经今注》（重订本），中华书局，1984年，第145页。

非经精密的数学计算或反复试验，不可能得到如此机巧之构思。这种机巧，从数论来看正是同余式理论的思想。

成卦法程序的一般数学形式如下：

衍数五十记为 N ，用数四十九记为 N_{-1} ，并令 $N_1 = N_{-1}$ 。

第一变

“分二”表为 $N_1 = a_1 + b_1$

“挂一”表为 $a_1 - 1$

“揲四”表为 $a_1 - 1 \equiv r_{b1} \pmod{m}$ ， $b_1 \equiv r_{b1} \pmod{m}$

“归奇”表为 $R_1 = r_{a1} + r_{b1}$

根据同余式代数加法规则，有

$$N_1 - 1 \equiv R_1 \pmod{4}$$

第二变

令 $N_2 = N_1 - (R_1 + 1)$ ，如同第一变，则有

$$N_2 = a_2 + b_2$$

$$a_2 - 1 \equiv r_{a2} \pmod{4}, \quad b_2 \equiv r_{b2} \pmod{4}$$

$$R_2 = r_{a2} + r_{b2}$$

$$N_2 - 1 \equiv R_2 \pmod{4}$$

第三变

令 $N_3 = N_2 - (R_2 + 1)$ ，则有

$$N_3 = a_3 + b_3$$

$$a_3 - 1 \equiv r_{a3} \pmod{4}, \quad b_3 \equiv r_{b3} \pmod{4}$$

$$R_3 = r_{a3} + r_{b3}$$

$$N_3 - 1 \equiv R_3 \pmod{4}$$

令 N_4 为营数，则有 $N_4 = N_3 - (R_3 + 1)$ ，于是

$$N = N_1 + 1 = N_2 + R_1 + 2 = N_3 + R_1 + R_2 + 3 = N_4 + R_1 + R_2 + R_3 + 4$$

如果令 $R = R_1 + R_2 + R_3$ ，则有

$$N = N_4 + R + 4$$

因为 N_4 为营数，能被 4 整除，所以有

$$N - R - 4 \equiv 0 \pmod{4}$$

对于上述筮法，

R_1 的可能值为 4, 8。

R_2 的可能值为 3, 7。

R_3 的可能值为 3, 7。

所以 R 有四个可能值：10, 14, 18, 22。因为 $N = 50$ ，上式成立，并且 N_4 的可能值为：36, 32, 28, 24。于是《周易》筮法的成卦法得到数学上的证明。

如果作更一般的讨论， N 不限于 50， R 也不限于上述四种可能值，模也可不为 4， N_4 亦不必限于上述规定。筮法的更一般形式可表为：

$$N - R \equiv 0 \pmod{m}$$

我们称它为“易同余式”。由它可以构造出各种同等效用的筮法。于是大衍之数的神秘外衣被完全剥脱。

三、大衍求一术的同余结构

大衍求一术是一次同余式解法，傅种孙（1898 — 1962）

于 1918 年，高均学于 1920 年，钱宝琮于 1921 年，李俨（1892—1963）于 1925 年先后予以确认。

秦九韶的大衍求一术是以其筮法程序为第一例的。他所设计的演卦法，与我们前面介绍的朱熹定式，虽然表观上大不相同，它们的数学本质则是相同的。总策五十，用策四十九，任意分用策为两部分。取其中一部分用于演卦，先一、一数之，再二、二，三、三，四、四，重新数之。一、一数之自然余一，其他三种数法的余数亦只能是一、二、三、四这四个数字。秦九韶在这里把“揲之以四”理解为一、一数之，二、二数之，三、三数之，四、四数之。因为揲一必余一，不必数，径直“挂一”，称揲二、揲三、揲四三次重数为“三变”。关于如何确定爻之阴阳，秦氏说得不甚清楚。最简单的办法是视四揲总余数之偶奇决定爻之阴阳，偶数得阴爻，奇数为阳爻。或将四揲总余数四、四数之，所余必为一、二、三、四。若余一，得老阳；若余二，得少阴；若余三，得少阳；若余四，得老阴。

关于秦九韶的大衍术，我们借用清代张敦仁（1754—1834）在其《求一算术》（1831 年）中的简要陈述：

术曰置诸元各问数，依连环相约求得各定母。
复置各定母依连环相乘求得各衍母及衍数。置各衍数各以定母去之，余为各奇数。置各奇数，以乘率乘之，得各用数。乃置元问各剩数，各以用数乘之为各总。以各总并之为总数，满衍母去之，余即所

求数也。

这里涉及“定母”（记作 D）、“衍母”（记作 M）、“衍数”（记作 S）、“奇数”（记作 G）、“乘率”（记作 C）、“用数”（记作 E）“剩数”（记作 R）和“总数”（记作 H）。这些量之间的关系可数学地表述如下：

$$S = M/D$$

$$S \equiv G \pmod{D}$$

$$CG \equiv 1 \pmod{D}$$

$$CS = E \equiv 1 \pmod{D}$$

$$\sum_i R_i C_i S_i = H \equiv N \pmod{M}$$

N 为所求之数。大衍求一术的关键是解一次同余式

$$CS \equiv 1 \pmod{D}$$

总之，不管是朱熹的演法还是秦九韶的演法，其中的数学问题都是同余式问题。也就是说，我们证明了《周易》筮法的数学结构和秦九韶的大衍术要解决的问题是同类的。如果说邵雍的“加一倍法”（即连续加重法）作为重复排列问题，为 11 世纪的中国数学史增添了新的内容，那么秦九韶分析筮法创立大衍术就应当给予更高的评价。

秦九韶在其《数书九章》序中说：

今数术之书尚三十余家，天象历度谓之缀术，
太乙壬甲谓之三式，皆曰内算，言其秘也。九章所
载，即周官九数。系于方圆者为术，皆曰外算，

对内而言也，其用相通，不可岐二。独大衍法不载九章，未有能推之者，历家演法颇用之，以为方程者，误也。且天下之事多矣，古之人先事而计，计定而行，仰观俯察，人谋鬼谋，无所不用其谨，是以不衍于成，载籍章章可覆也。后世兴事造始，鲜能考度，浸浸乎天纪人事之清缺矣，可不求其故哉。

这段话以及他把《周易》筮法作为第一个例题，足以表明其大衍术来源于筮法和历算。秦九韶将其冠以“大衍”之名，意在表明它的渊源，而“数与道非二本”的总结是他这一创造的切身经验。过去由于没有对筮法作现代数学分析，因而未能理解秦九韶创造的思路，对他的“附会《周易》”之讥可以休矣。

易学与物理

在中国古代，“物理”之意非同于今日物理学中“物理”之内涵。“物”字在周代已见诸文献记载。《老子》和《易传》论物颇多，并深入到物性和观察分类方法，但“物理”一词最早见之于《庄子·秋水》。《荀子·解蔽》始对物理有所界定：“凡以知，人之性；可以知，物之理。”这意味着“人性”和“物理”的区分。晋代杨泉著《物理论》始有物理专

论。北宋邵雍在其《皇极经世书·观物篇》提出“物理之学”，他写到：“物理之学或有所通，或有所不通。不通可以强通，强通则有我，有我则失于理而入于术。”邵雍所谓的物理之学，是关于天地万物运动变化的学问。他的《观物》内外篇所论范围，从天地的起源一直讲到人文历史。他以阴阳和感应为纲论述了天地的产生、日月星辰的运动、水火土石之化成、雨风露雷之成因、走飞草木性情之变化、皇帝王霸之更替、士农工商变迁、仁义礼智演进。虽然“物理学”用语并未由此而被沿用，但他的大物理观和物理学模式却广为接受。明代方孔炤所著《潜草》说：“圣人观天地，府万物，推历律，定制度，兴礼乐，以前民用，化至感若，皆物理也。”（方以智：《物理小识·总论》）自方以智以“物理”和“宰理”相区分，“物理”的内涵才被限制在自然研究领域。出于借鉴西学他以“质测”称道这种学问。随着西学东渐的增强，西方自然研究的学问作为儒学“格物致知”的有用的延伸而被接受，遂有“格致学”之称谓。在现代意义下使用“物理学”源于日本人，1900年始传入中国。

在中国传统文化的物理观中，万物生化的核心机制是“感应”。我们已经在第一章中论述宇宙秩序原理时专门讨论过它。自汉代起感应论原理和易经的象数论结合，逐渐发展出一种精致的数理感应论。这在程颐 and 邵雍的著作中有集中的表现。程颐对“气”的感应曾作过详细论述。他在对咸卦九四爻的注释中说：“感，动也，有感必有应。凡有动皆为感，感则必有应。……所应复为感，感复有应，所以不已

也。”，在他看来感应作用是“气”的一种普适性质，“天地之间，只有一个感与应而已”（《遗书》卷十五）。

台湾学者刘君灿极力倡导关于中国科技感应论的共识。他认为，因为中国重感通，而声与光是人与人和人与自然沟通最重要的媒介，所以中国声光科技的早发繁美势所必然；律历合篇为《律历志》，音律通天的观念也彰显中国自然与人文沟通的整体特色：候风地动仪也是在地动天摇而人可象之的观念指导下制造出来的，待人以其候天风之地动；共鸣的运用与诠释成为中国声学特色；电磁现象的发现与诠释甚至与其有关的避雷针和指南磁针的发明，都与“感应”观念密切相关。他认为中国传统科学是“以类比为方法，以感应为主要观念，以器、象、类、数为基本构架的”。^①

● 中国传统文化中的“物理”观

我们已经谈过中国历史上“物理之学”一词首见于邵雍的《观物外篇·十二》，并且明确“物理”一词的内涵非为自然科学中的物理学之“物理”，而是与“人性”相对的意义之上之“物理”。它类似于古希腊亚里士多德的以“可变化的存在”为对象的“物理学”，但其外延更广，不限于人事之外的自然界。从荀子的“物之理”演进到邵雍的“物理之

^① 刘君灿：《天工人为——中国的物理》之“自序”，台北，幼师文化事业公司，1988年。

学”，再到现代意义的“物理学”有一段漫长的历史。

陆玉林在其博士论文《老庄哲学的结构与意蕴》（1994年）中，对“物”字作了追源考察。“物”字起于以牛为物。《说文》有：“物，万物也。牛为大物，天地之数起于牵牛，故从牛勿声。”进而推及其他牲畜类和诸多相类者而成为一切存在的总称或共名。孔子居《说文疑疑》有：“物者，牲畜之吕类也。……推而广之，凡天地间形色血气之相类者，俱谓之物。又推而广之，凡天地间一切大小粗精刚柔动静之相类者，亦谓之物。”人类对自身命运的关注才导致对物的探讨。《国语·郑语》载周幽王八年（公元前774年）史伯始物论：“夫和实生物，同则不继。以他平他谓之和，故能丰长而物生之，若以同裨同，尽乃弃矣。故先王以土与金木水火杂，以成百物。”《老子》论物方及物性，物由“道”生，“朴散则为器”，圣人“常善救物”。《易传》主张“盈天地之间者唯万物”（《序卦》）且论物重方法，“方以类聚，物以群分”（《系辞上》），“近取诸身，远取诸物”（《系辞下》），仰观俯察探索费隐。《庄子·秋水》“语大义之方，论万物之理”和《淮南子·览冥训》“目察不足以分物理，心意之论不足以定是非”，明确提出探求“物理”的之必要。“物理”之界定始于《荀子·解蔽》：“凡以知，人之性；可以知，物之理。”

虽然在先秦和秦汉不乏有关万物之理的论述，但没有专门的著作。晋代杨泉（3世纪）著《物理论》，把“物理”作为学术专名并写成专著是中国“物理学”发展的第一个里程碑。该书在中国历史上第一次系统地论述元气论的自然

观，从论皓天到论四季之风，再到人之生死与智慧夭寿之长短，续而论及稼穡、工巧诸人事。就其元气宇宙论说，其后刘智的论天、虞耸和虞曷的穷天论、姜岌的浑天论、梁武帝的天象论，都远不及《物理论》彻底。此书的问世非为偶然，是魏晋玄学强调“自然之理”、主张“辨名析理”、以理性反对迷信的思想在自然研究领域的反映。但是，杨泉的物理观在接踵而来的隋唐时代并未获得明显的进展。随着宋代理学的兴起，从李之才学得“物理性命之学”的邵雍提出“物理之学”的概念，而《易传》“穷理尽性”与《大学》“格物致知”推动了“物理”这一术语的运用和“物理之学”的发展。邵雍的“老子五千言，大抵皆言物理”（《观物外篇·十二》）的大物理观，为明代方以智的《物理小识》改变，他从“中西会通”的视角发展了“物理之学”。他少年受教精通河洛象数学的王宣并得熊明遇的西学启蒙，受熊氏《格致草》和王氏《物理所》影响著《物理小识》。他把知识分为“物理”、“宰理”和“至理”：“考测天地之家，象数、律历、音声、医药之说，皆质之通也，皆物理也。专言治教，则宰理也。专言通几，则所以为物之至理也。”（《通雅·文章薪火》）用现代语言说，“物理”属自然科学，“宰理”属社会科学，“至理”属哲学。他的《通雅》十五卷，分疑始、释古、天文、地舆、身体、称谓、姓名、官制、事制、礼仪、乐曲、乐器、器用、衣服、宫室、饮食、算术、植物、动物、金石、谚原、切韵声源、脉考、古方解等44门。而他的《物理小识》十二卷，分天、历、风雷雨阳、地、占

候、人身、医药、饮食、衣服、金石、器用、草木、鸟兽、鬼神、方术、异事等 15 类。可以看出这两部书之不同,《通雅》包含自然科学和社会科学者,而《物理小识》则只含自然科学。至此,方以智已将邵雍的大物理学的内涵和外延缩小为自然科学。

明清之际“物理”之概念尚未与现代物理学对应,两者并轨迟至 19 世纪中叶。现代理解的物理学概念在西方也待到 18 世纪末才确立的。亚里士多德的“物理学”概念,按其关于理论学术的分类,只是形而上学、数学和物理学三种之一。形而上学被他界定为第一哲学。他所谓的物理学只研究运动、空间和时间,而现在被视之为物理学内容的光学、声学、力学和天文学等被分类在数学中。几何光学被视为研究光线的几何学,和声学被视为研究音程的数学比例,力学被视为研究运动的几何学,天文学被视为研究天体位置的几何学。一直到近代,研究的方法虽已摆脱了思辨方式,但物理学的内涵和外延没有多大变化。1666 年法国皇家科学院成立时分数学和物理学部。至 18 世纪中叶,化学和自然史研究从物理学中独立出来,物理学被划分为一般物理学(即理论物理学)和特殊物理学(即实验物理学)。前者沿袭牛顿《自然哲学的数学原理》的整个传统,而后者同牛顿《光学》的非数学部分相关,包括声、光、电、磁等现象的一个广泛领域。1793 年《物理学词典》出版,其中不再包含任何化学和自然史方面的条目,从而宣告了物理学的新概念。此后物理学就在这种界定的理解下发展下去了。

在西学东渐时期，意大利传教士艾儒略（1582—1649）著《西学凡》把“物理学”音译为“费西加”。至19世纪中，日本学者川本幸民（1810—1871）著《气海观澜广义》（1851年）提及“费西加，穷物理之学”，第一次以汉字“物理之学”与现代意义的物理学对应。1879年饭盛挺造出版了《物理学》。1884年日本东京数学会改称东京数学物理学会。1900年饭盛氏的《物理学》被译为中文在中国出版，1908年清政府学部编定了《物理学语汇》，“物理学”的传统含义到现代的科学之转变，就此完成了。

●邵雍论物理之学

邵雍不以汉代经师之言为训，他放弃了他们以卦气和象数解易的繁琐经学形式，认为“知易者不必引用讲解，始为知易”，以探讨天地万物的运动和变化为旨宗，创建宋代象数学的数学派。程颢（1032—1085）所写的《邵尧夫先生墓志铭》中说：“先生少时，自雄其材，慷慨大志。既学，力慕高远，谓先王之事可必致。乃其学益志，德益邵，玩心高明，观于天地之运化，阴阳之消长，以达乎万物之变，然后颓然其顺，浩然其归。”（《二程全书·明道文集》）

雍之子邵伯温为其父《观物内篇》所作《系述》中概括地表述了邵雍的物理学模式观：

变化者生生不穷之谓也。有数则有物，数尽则

物穷。有物则有数，物穷则数尽矣。然数无终尽，数尽则复。物无终穷，穷则变，变故能通，复故能久。日月星辰，变乎寒暑昼夜者也。水火土石，化乎雨风露雷者也。雨风露雷，地之化和乎天者也。一唱一和，而后物生焉。暑寒昼夜，变乎性情形体者也。风雨露雷，化乎走飞草木者也。性情形体，本呼天而感乎地者也。走飞草木，本乎地而应乎天者也。一感一应，而后物成焉。一唱一和，一感一应者，天地之道，万物之情也。凡在天地之间，蛮夷华夏皆人也。动植飞走皆物也。人各有品，物各有类，品类之间，有理有数存焉。推之于天地，而后万物之理昭焉。

邵雍著《皇极经世》，包括《观物内篇》和《观物外篇》。内十二篇为邵雍手著，外十二篇为门徒所记之言。明黄畿著《皇极经世传》，认为：“皇极观物之有内篇，犹《易》之有系辞也。凡十有二篇，统论一书之大旨。研精极思，曲畅旁通，扩大易所未发。”张嵎认为“内篇理深而数略，外篇数详而理显”。清王植著《皇极经世直解》，在对邵雍的著作注释时，对《观物外篇·十》评论为：“此篇皆格物穷理之精义也。首以声音唱和图说，继以推算之理，由人及物，而日月星辰，水火土石，风雨雷露，鸟兽草木，性情形体之说备焉。”

现在我们阐述邵雍的“物理学”思想、物理学的内涵、

性质和方法。

关于物理学的内涵，由其《观物外篇·十二》中“老子五千言，大抵皆明物理”一语，即可知其大概。他所谓的物理学实为天地万物运动变化之理的学问。在他看来“学不际天人，不可谓之学”（《观物外篇·十二》）。就他书中所论物理的范围，确从天地的起源直到人文历史。就自然现象说，他以阴阳刚柔和感应为纲论述了天地的产生，日月星辰运动，水火土石之化成，雨风露雷之成因，走飞草木性情之变化……。

关于物理学的性质，他强调理、性、命的统一。他说：“《易》曰：穷理尽性，以至于命。所以谓之理者，物之理也。所以谓之性者，天之性也。所以谓之命者，处理性者也。所以能处理性者，非道而何？”（《观物内篇·三》）理、性、命统一于“道”。而且：“道之道，尽之于天；天之道，尽之于地；天地之道，尽之于物矣；天地万物之道尽之于人矣。人能知其天地万物之道，所以尽于人者，然后能尽民也。”（《观物内·三》）

关于治物理学的方法，“观物”一词是他对其所作的最高的概括。他首先肯定人观物的生理条件：“人之所以能灵于万物者，谓其目能收万物之色，耳能收万物之声，鼻能收万物之气，口能收万物之味。声色气味者，万物之体也。耳目鼻口者，万人之用也。体无定用，惟变是用。用无定体，惟化是体。体用交而人物之道，于是乎备矣。”（《观物内篇·二》）

对如何观物，邵雍区分“以物观物”和“以我观物”。他说：“以物观物，性也以我观物，情也。”他强调以物观物，并称之为“反观”：

夫鉴之所以能为明者，谓其能不隐万物之形也。虽然，鉴之能算万物之形，未若水之能一万物之形也。虽然，水之能一万物之形，又未若圣人能一万物之情也。圣人之所以能一万物之情者，谓其圣人能反观也。所以谓之反观者，不以我观物也。不以我观物者，以物观物之谓也。既能以物观物，又安有我在其间哉？是知我亦人也，人亦我也，我与人皆物也。（《观物内篇·十二》）

他所谓之“反观”实即以“理”观“物”，或者说以“道”观“物”。否则就会使“学”降为“术”：“象起于形，数起于质，名起于言，意起于用，天下之数出于理。远乎理则入乎术，世人以数入术故失于理也。”（《观物外篇·六》）我们不妨重复前文引用过的他的那段话，以加深对他的“反观”的印象：“物理之学，或有所通或有所不通。不通可以强通，强通则有我，有我则失于理而入于术。”

邵雍认为，人虽是万物之灵，但仍为万物中之一物。人为物中之“至物”，圣人中之“至人”，亦即“物之物”。圣人之智慧在于“无我”地观物：“谓其能以一心观万心，一身观万身，一物观万物，一世观万世者焉。谓其能以心代

天意，口代天言，手代天工，身代天事者焉。又谓其能以上识天时，下尽地理，中尽物情，通照人事者焉。又谓其能以弥纶天地，出入造化，进退古今，表里人物者也。”（《观物内篇·二》）

● 易学物理观对物理学研究的影响

邵雍作为著名易学家而提出有关物理学的思想，对后世有很大影响。然而，他本人却拘守“君子之学，以润身为本，其治人应物皆余事也”。丹家炼丹的变物类化观和夺阴阳造化之机的改造自然之精神的形成，李时珍（1518—1593）著“虽命医书，实该物理”（李建元《进〈本草纲目〉疏》）的《本草纲目》的思想基础和模式，皆且不论，但就宋明物理学的发展说，对此作出重要贡献的沈括、朱载堉、宋应星无不受易学物理观之影响。

一、沈括

沈括（1031—1095）生卒年考辨不一，生约1029—1033年，卒当1093—1097年，此依《钱塘沈氏家乘》。字存中，北宋钱塘（今浙江杭州市）人。科学家、政治家、军事家、儒学家。

沈括出身于官宦之家，曾祖父沈承庆官至大理寺丞，祖父沈英早卒未及仕，父沈周（978—1051）历任大理寺丞兼苏州酒税、苏州通判、江东转运使和明州知州。沈周有两子二女。长子沈披，次子沈括。沈括至和元年六年（1054年）

任沐阳县（今江苏省沐阳县）主簿。嘉祐八年（1063年）中进士，不久升迁太史仿，熙宁五年（1072年）提举司天监，次年升任集贤院校理，熙宁八年（1075年）出使契丹，翌年任翰林学士，元丰三年（1080年）任鄜延路经略使，元祐三年（1088年）退隐润州（今江苏省镇江市）著述，病故梦溪园时年65岁。

沈括博学善文，于天文、方志、律历、音乐、医药、卜算，无所不通，皆有所论。一生著述不止《宋史·艺文志》记沈括著书22种155卷，另据诸家书目和他本人著作《梦溪笔谈》尚有22种。其中儒学著作有《易解》2卷，《孟子解》、《春秋机括》、《左氏记传》50卷，科技类著作有《梦溪笔谈》26卷、《乐论》1卷、《乐器图》1卷、《三乐图》1卷、《乐律》1卷、《天下郡县图》、《熙宁奉元历》7卷、《熙宁奉元历经》3卷、《熙宁奉元历立成》14卷、《熙宁奉元历备草》6卷、《比较交蚀》6卷、《熙宁晷漏》4卷、《修城法式条约》2卷、《图画歌》1卷、《茶论》、《沈氏良方》、《灵苑方》20卷、《别次伤寒》，其他著作尚有《边州陈法》、《使虏图抄》1卷、《乙卯入国奏请别录》、《怀山录》、《忘怀录》3卷、《字训》、《南郊式》110卷、《阁门仪制》、《熙宁详定诸色人厨料式》1卷、《熙宁新修凡女道士给赐式》1卷、《诸敕式》24卷、《诸敕格式》30卷、《清夜录》、《长兴集》41卷、《集贤院诗》2卷、《沈存中诗话》等。沈括的著作多已失传，尚传刻本有《梦溪笔谈》26卷、《补笔谈》3卷、《续笔谈》1卷、《长兴集》残本19卷、《沈氏良方》10

卷和《孟子解》等。

沈括为官政绩卓著。他参与王安石变法改革，为改变国家“积贫积弱”的境况“乍而上下，乍而南北”，急流勇进。他主持司天监，改进浑仪、漏壶和日晷等仪器，编修历法。面对契丹和西夏的侵扰，他坚持自卫，力主抗战。1075年，他以“以死任之”的无畏气概受命出使契丹，六会辽廷，雄辩挫敌而胜。他任富延经略使，率兵拒敌，1081年破西夏党项7万敌军于囿上。沈括治学耽经玩史，浩博而文渊。于儒学，他精熟于《孟子》，“思之而尽其义”，“行之而尽其道”（《长兴集》卷32）。于史学，他推崇司马迁，批评班固，所著《左氏纪传》虽未尽满人意，南宋大史学家仍认为其为研究春秋时代史的有用典籍。于军事，他担任军器监，详定《九军阵法》（1075年）。沈括文韬武略，著作弘富，然近世所推崇者乃是他科学领域的诸多贡献。

沈括可谓中国古代最卓越的科学家。他作出了若干领先世界的科学发现和理论。在天文学领域，他在英国气象局使用肖伯纳历前800多年就提出类似的“十二气历”。在地理学领域，他早于西欧700多年制作立体地图。在地质学领域，他以螺蚌壳推论太行山昔为海滨的大陆沉积说和据植物化石推断古气候变迁，都约早欧洲400多年。在物理学领域，他以纸人粘于琴弦演示声共振，类似的实验迟至17世纪才在欧洲出现。他的许多先驱性的研究工作，推动了中国科学的发展。在数学领域，他首创隙积术和会圆术，前者为杨辉和朱世杰发展，后者为王恂（1235—1281）和郭守敬

完善并用于历法计算。在光学方面，他以飞鸢说明小孔成像和关于职燧倒像的研究，在《墨子》和赵友钦、郑复光（1781—1853）、邹伯奇（1819—1869）之间建起了桥梁。《梦溪笔谈》中的一些记载具有重要的史料价值。如关于活字印刷术的记载，致今乃是最原始的史料。又如，所录“秋石方”记载了世界最早的荷尔蒙制剂的制备方法。所载200多条科技事项，文涉理工农医、数理化天地生各个学科。

沈括在《答崔肇书》中之慨言颇能表达其心志所向：

人之于学，不专则不能，虽百工其业至微，犹不可兼而善，况君子之道也。若某则不幸，所兼者多矣……然某少之时，其志于为学虽专，亦不能使外物不至也。复不幸家贫，亟于禄仕。仕之最贱且劳，无若为主簿，沂海淮沭，地环数百里，苟兽蹄鸟迹之所及，主簿之职皆在焉。然既已出身为吏，不得复若平时之高视阔步，择可为而后为，固宜少善其职矣。所职如是，皆善固不能也。欲其粗善，必稍其多歧，专心致意，毕力于其事，而后可也，而又间有往还吊问，岁时脍腊，公私百役，时常兼其八九。乍而上下，乍而南北，其心懵懵踈踈，不知天地为天地，而雪霜风雨之为晦明燠凉也……（《长兴集》卷十九）

不能“择可为而为”尚能如此荫及后世，若能“择可为

而为”，专心致力科学，其成就必当更宏伟。沈括生当北宋，隋唐以来儒、释、道融合之势导致作为新儒学的理学的形成，“两宋诸儒，门庭径路，半出佛老”，多种文化源流的交融汇萃使之受惠匪浅。他幼少受儒家正统教育凡12年，作为儒家弟子，学问、修养得益于《孟子》，但他也博览佛道经典。仅就现有传本只能窥其思想之一斑，难见其全貌。

沈括的《梦溪笔谈》表现了极强烈的重经验、崇理性的精神。一部《梦溪笔谈》出现44个“理”字，“天理”、“地理”、“物理”、“常理”、“至理”、“色理”、“义理”、“自然之理”、“原其理”、“伸理”、“论理”、“深究其理”、“穷测至理”，名目繁多，委实可观。但从现有史料探讨其与理学的关系尚难。沈括身居浙西，为官又“南北颠簸”，然与宋明理学先驱和奠基人的关系，不论是“宋初三先生”、“明州杨社五子”、“永嘉九先生”还是“北宋五子”，几无踪迹可循。科学理性与理学哲理并进是时代的精神。沈括著《易解》、《孟子解》、《春秋机括》和《左氏纪传》，对儒学的这种选择与理学大体合拍，非为偶然，亦是时代所使。《梦溪笔谈》刊刻后立即受到学者的注意，其对理学的影响特别表现于朱熹的著作中。朱熹所论自然科学之问题，源于《梦溪笔谈》者为数不少，有关日月盈亏之理他力排“历家旧说”，推崇沈括，认为“惟近世沈括之说，乃为得之”（《楚辞集注·天问》）。朱熹与沈括在自然哲学与方法方面的诸多相近之处，更显示沈括之思想，对理学的影响。

二、朱载堉

朱载堉(1536—1611)字伯勤,号句曲山人,明开国皇帝朱元璋第九世孙,郑恭王朱厚烷(1518—1591)之子。其父于1527年册封为王,他出生后亦被封为世子,其父因上书谏世宗皇帝及受诬告而于1550年废为庶人,他的世子冠亦被夺,自此他筑土室独处,研读著述19年。1568年穆宗登基,大赦天下,其父平反复位,他也重入王府。1591年其父卒,他倾心著述,将王位继承权让于载尔。

朱载堉一生潜心学术,在乐律、数学和历法领域作出了贡献。他最突出的贡献是首创十二平均律,完成音乐理论上的“哥白尼革命”。他著作甚丰,收入《乐律全书》者14种46卷,未收者尚有6种20卷。他自幼“即悟先天学”,后著有《先天图正误》(《河南通志》卷五十八《人物》)。在他取得科学成就而进奉皇帝时,曾自我表白:

臣笃好数学,弱冠之时,读《性理大全》,见宋儒邵雍《皇极经世书》、朱熹《易学启蒙》、蔡元定《律吕新书》、洪范《皇极内篇》等而悦之,口不绝诵,手不停放,研究既久,数学之旨颇得其要。(《进律书奏疏》)

但易学家们所极力倡导的“历律和谐”说是他音律学思想的基础。下面四段来自他的不同著作,表明这种情况。

《周髀》曰:“冬至夏至,观律之音,知寒暑之

极，明代序之化”，是之律者之本，历者律之宗，其数可相倚而不可相违。故曰《律历融通》，此之谓也。（《律历融通·序》）

律吕之学，以声数为至要。若夫辩论，乃其本节也。声者，合四一上勾尺工凡六五之类也；数者，一二三四五六七八九十之类也。前贤不留心于此。其以为深者，偷薄自画，而讨论不来；其以为浅者，鄙俚斯嫌而泣色不出。故于论数目、尺寸、声调、腔谱等处，卒删之。昆则史家之通弊也。（《律吕精义·序》）

律学先求黄钟。犹历家先求冬至也。次求蕤宾，犹夏至也。又求夹钟，犹春分也。又次求南吕，犹秋分也。然后求大吕，除黄钟外诸家律吕之首也。其次求应钟，诸律吕之终也，亦犹历史所谓里履端、举正、归途也。黄钟履端于始；蕤宾举正于中，应钟归余于终。（《算学新说》）

百事道法喻律之数，纪之以三，若每季三月之类；平之六，若昼夜六时之类，成之十二者，四季而成一岁、凡十二有二月，昼夜而成一日、凡十有二时，天之大数止于十二。故律吕相生，其数亦然也。（《律学新说》卷一“立均第九”）

三、宋应星

宋应星（1587—1666），字长庚，江西奉新人。28岁

中举，又为功名苦学十几年，五次赴京会试而不第才罢休。作四年教谕，后又历任几处地方小官，直至明亡，归家隐居。

他在科学领域的贡献主要在于，他在任县教谕期间所写的《天工开物》，关于农业和手工业技术的详实记载成为我们了解当时科技水平的宝贵文献。他的《野议》、《论气》、《谈天》、《思怜诗》晚近才被发现，其中《论气》有他关于声学的理论。

《天工开物》全书 18 卷，约 4 万言，并附图 120 余张。依据“贵五谷，贱金玉”的指导思想，划分为上中下三部。上部六卷讲吃穿事，中部七卷讲器具制造，下部五卷为矿冶、酿造。它作为一部重要的中国科技史文献，虽然未能完全反映明代的技术水平，但其简要而又较有系统的记述确实是当时综合技术书的代表作，而且因其中所记技术有不少项居世界之首，而使其具有世界科技史意义。

仅仅残留 200 多字的《论气·序》就有“大圆之内为方”，“乾坤易简之理”两处易学惯用语词。而《形气化二》中的“坎水为男”和“离火为女”两语则更加鲜明。《气声》九章占《论气》的 1/3 篇幅。宋应星的声学理论是以“气”为其基础的。他以气动、气势、气应、气荡四个基本概念建立起他的声学理论。“气动”是发声的机制，在下面的这段文字中，他提出冲、界、振、辟、合、逼六种气动机制：

气本浑沌之物，分寸之间，亦具生声之理，然

而不能自为声，是被听其静满，群籁息焉。几夫冲之有声焉，飞矢是也；界之有声焉，跃鞭是也；振之有声焉，弹弦是也；辟之有声焉，裂缙是也；合之有声焉，鼓掌是也；持物击物，气随所击之物而遍及于所击之物有声焉，挥椎是也。当其射，声不在矢；当其跃，声不在鞭；当其弹，声不在弦；当其裂，声不在帛；当其合，声不在掌；当其挥，声不在椎。微芒之间一动，气之征也。

“气势”被用于说明声音强弱之别概念。高山瀑布激涧之声惊魂丧魄，而敝瓮欹侧、覆水沟渠则不见有声，是何缘故呢？“曰：此所谓气势也。气得势而生焉。不得其势，气则馁甚……势至而气至焉，气至而天地之气应之。”

上引已出现“气应”之说法，这是属于普遍“感应论”的一个概念。它用于解释撞钟伐鼓发声的机制。钟鼓之声非为钟壁鼓皮生声，仍然是气之所致：“气本浑沌之物，莫或间之。当其悬钟与漫鼓也，其中所含之气，与其外所冒之气，相忆相思，有隔膜之恨焉。适逢撞伐，而急应之，呼大而应之以大，呼小而应之以小，呼急而应之以疾也。”

“气荡”用以表达声音传播的机制：“物之冲气也，如其激水然。气与水，同一易动之物。以石投水，水面迎石之位，一拳而止，而其文浪以次而开，至纵横寻丈犹未歇。其荡气也亦忧是焉，特徵渺而不得闻耳。”这里，通过水波的比喻，宋应星提出了声波的概念。

第四章

易学与近代科学

明清之际基督教传教士传西学入中国，中西文化接触，中学和西学的关系成为儒士阶层关注和争论的一大问题。在关于中西学的争论中曾出现三种理论性观点：一曰“中西会通”，二曰“中学西源”，三曰“中体西用”。最早提出“中西会通”者为徐光启（1562—1633），清初有王锡阐（1628—1682）、梅文鼎（1633—1721）、薛凤祚（1620—1680）等人实践，但只限历算；鸦片战争后，随着第二次西学输入高潮的到来，由于徐寿（1818—1884）的重提而走上全面会通。“西学中源”说初为梅文鼎所倡，经康熙帝玄烨（1654—1722）支持而成为“钦定”之策，在乾嘉时期经学大师中颇为流行，到鸦片战争之后，泛滥于整个儒士阶层，乃至整个社会。“中体西用”说是在洋务运动期间出现的，李圭、蒋同演、郑观应、冯桂芬（1809—1874）等关于道器、体用的论说为之先导，中日甲午战争后，沈毓芬明确提出“中体西用”的口号，张之洞（1837—1909）在其《劝

学篇》中系统阐发，遂成为政府的一种政策。

自 17 世纪始，由于西学东渐的刺激，乾嘉学派中几位可谓身兼“科学家”的易学大家已有某种“以科学治易学”和“以易学治科学”的意识，如方以智、江永和焦循等。从近代科学立场解释和阐发易学始于德国数学家莱布尼茨。在当时的欧洲，关于中国的研究被认为是西方对东方的“挑战”作出的反应。其实并非如此，追求进取精神正旺的西方学者很快发现了中国的落后和保守。当时的莱布尼茨正在孜孜不倦地致力于中西文化交流，但他的这一研究并没有立即在中国引发出易学科学热。江永的《河洛精蕴》（1774）可谓中国最早“以科学治易学”的专著。20 世纪以来，唐海宗著《医易通说》（1910 年）、沈仲涛著《易卦与代数之定律》（1924）和《易卦与科学》（1934）、薛学潜著《易与物质波量子力学》（1937）丁超伍著《科学的易》，与科学有关的易学著作仍然寥寥无几。进至 1980 年代，情势已非同以往，在“文化热”的大潮中出现了“易学热”，并且易学与科学的结缘成为其特征。“中西会通”所开创的这类研究的成果之一是，发现易学与科学具有某种程度的相通关系。

易学“会通”观与“中西会通”

“会通”一词源出《易传·系辞上》第八章“圣人有以见天下之动而观其会通”语。朱熹在其《周易本义》中注释

说：“会谓理之所聚而不可遗处，通谓理之可行而无所碍处。”在《朱子语类》中他又解释说：“会以物之所聚而言，通以事之所宜言。……且如事理间，若不于会处理会，却只见得一偏，便如何行得通？须是于会处都理会，其间却只有个通处。……会而不通，便窒塞而不可行；通而不会，便不知许多曲直错杂处。”

●《崇祯历书》之编撰与“中西会通” 的提出

“中西会通”是受命编撰《崇祯历书》的徐光启作为编书指导思想提出的。徐光启，字子先，号玄扈，上海人。出生于一个家道中落的农家。20岁中秀才，36岁中举，43岁中进士，遂被考选为翰林院庶吉士，46岁授翰林院检讨，从此徐光启步入官途。但翰林院检讨这个闲散的差事，使他有条件研究学问。在近花甲之年，徐光启于1619年以詹事府少詹事兼河南道监察御史衔，为抗金督练新军。1622年徐光启被阉党任以礼部右侍郎兼翰林侍读学士协理詹事府事，他不肯与之伍，拒绝上任，因而受劾，于1624年“冠带闲住”上海。1628年崇祯继位，阉党事败，徐光启官复原职，翼年升礼部左侍郎，主持修改历法。1630年再升礼部尚书。1632年他又以礼部尚书兼东阁大学士入阁，参与要政，1633年8月再加太子太保、文渊阁大学士兼礼部尚书，11月逝世，谥号定公。

徐光启一生可分为两段。中进士之前的大半生为穷经应试尽心，其间所撰 10 多种著作，只《毛诗六帖》传世。而其后的近 30 年则致力于经世致用之道。在其后半生徐光启创立三大业绩：一为与利玛窦（Matteo Ricci，1552 — 1610）合译《几何原本》（1607），二为主持编成《崇祯历书》（1635），三为编撰《农政全书》（1639）。他按照自己理解的宋明理学中的科学精神，赞美一切“格物穷理之学”，以“一物不知，儒者之耻”为铭。他推崇王守仁的“兼长备美”思想，为“超胜”而“会通中西”。他发挥易学“革故鼎新”的思想，主张“治历明时取象于革”（《崇祯历书·恒星历指》），矢志改革历法。他特别重视象数学：

象数之学，大者为历法，为律吕，至其他有形有质之物，有度有数之事，无不赖以为用，用之无不尽巧极妙者。（《泰西水法》序）

徐光启提出“度数旁通十事”，将天文和气象、测量和天文、音乐、军工、会计、建筑、制造、测地、医学和计时都纳入数量化的轨道，以图“由数达理”（《条议历法修正岁差疏》）。

徐光启是中国科学从传统向近代过渡时期的“两栖”科学家。陈子龙赞他：“生平所学，博究天人而皆主实用”。（《农政全书·凡例》）当代竺可桢（1890 — 1974）曾把徐光启同培根（Francis Bacon，1561 — 1626）作比较，认为前

者比后者更伟大^①。

基于本节之主题，我们只及其《崇祯历书》编撰而不拟叙述他的其他两项业绩。由于利玛窦等耶稣会士力行学术传教的方针，颇获明末一些士大夫的赞赏和尊敬，其中尤以徐光启、李之藻、杨廷筠三氏为代表。三氏皆为明末博学人士并高官，又皆受洗皈依天主教，故有天主教在华“三大柱石”之称。明代行用的《大统历》是郭守敬《授时历》（1281）的改编本。至明末时误差日渐明显，遂有改历之议。早在1523年华湘就建议修改历法，1544年郑王世子朱载堉献新历，河南佾事邢云路又上书言改历，礼部尚书范谦还建议“以云路提督钦天监”，但改历争论不已。由于《大统历》推算1610年日食又有失误，乃招李之藻、邢云路入京“参预历事”。但因“庶务因循”又迁延20年之久，1629年方设局开始编撰《崇祯历书》。1629年6月21日的日食，当时已经非常熟悉西方天文学方法的徐光启用西法推算，与《大统历》、《回回历》所推不同，届时实测，只有徐光启的推算正确。为此“帝切责监官”，批准了礼部的建议，开局修历，令徐光启领导。他先后招请耶稣会士龙华民（Nicolaus Lohgobavidi, 1559 — 1654）、邓玉函（Jean Terrenz, 1576 — 1630）、汤若望（Johann Adam Schall von Bell, 1592 — 1666）和罗雅谷（Jacobus Rho, 1590 — 1638）来局工

① 竺可桢：《近代科学先驱徐光启》，载《申报》第3卷（1934），第3期。

作。至1634年完成《崇祯历书》共46种137卷。虽然徐光启于1633年去世，最后一部分工作由李天经主持完成，但修历的全盘工作都是徐光启一手主持规划好的。

徐光启提出修改历法所应遵循的总方针是：

欲求超胜，必须会通，会通之前先须翻译。盖《大统》书籍绝少而西法至为详备，且又近数十年所定，其青于蓝寒于水者，十倍前人，又皆随地异测，随时异用。故可为目前必验之法，又可为二、三百年不异之法，又可为二、三百年后测审差数因而更改之法。又可令后之人循习晓畅，因而求进，当复更胜于今也。翻译既有端序，然后令甄明大统。深明法意者，参详考定。容用熔彼之材质，入大统之型模。”（《历书总目表》）

由于徐光启注重把知识建立在理解原理的基础之上，所以《崇祯历书》的天文学理论部分（即“基本五目”之首的法源）占了全书约三分之一的篇幅，也是全书最重要的部分。其中介绍了西方古典天文学的理论和方法，着重阐述托勒密、哥白尼、第谷三人的工作，大体未超出开普勒发现行星运动定律之前的水平，但也有少数更先进的内容。

在《崇祯历书》编撰期间，徐、李诸人与守旧派人士如冷守忠、魏文魁等反复争论10多年。1644年清军进入北京，汤若望将《崇祯历书》略作增删，转献清廷，被顺治帝

采纳并御笔题名为《西洋新法历书》，刊行于世。清代《时宪历》即据此编纂而成。

徐光启修撰《历书》的“会通”以“超胜”为其目的。在清代，会通成为非常流行的说法。清代最有成就的天文学家王锡阐、梅文鼎都被认为是会通中西的大家，薛凤祚也会通自任，他的天文学著作就取名《天学会通》。以梅、王为代表的清代天文学家对西法的解说、补充的修正，当属“会通”范畴，但并未达到“超胜”的程度。由于“西学中源”的论证成了“中西会通”的主旋律，而使“会通”误入歧途。但《崇祯历书》采用几何模型方法改变了中国天文学的形式和思维方法。

● 易学家会通中西的心力

在中西两方文化接触以后，“会通”成为处理中西学关系的一种指导思想。两种文化接触和交融是文化发展的一种动力机制。“中西会通”在理论上是正确的，尽管在实践操作上有很大困难，而且还需依情势权衡偏重。但是，几乎从一开始，这种“会通”就在虚幻的“西学中源”说的影响下，以考据学的方法进行，走到一条歧路上去。

清代考据学亦称“朴学”，其渊源可推到明杨慎（1488—1559）、陈第（1541—1617）、和清初顾炎武（1613—1682）等人考据训古的治学方法。在乾嘉时期考据学进入全盛时期，并成为学界主流，人称乾嘉学派。乾嘉以其当时社

会的经济持续发展和政治相对稳定为条件，同清统治者的高压文化政策及文人避祸的软弱心理密切相关。我们已经讲过，朴学是实学思想发展的第三里程碑。此时的实学已从宋代的理性实学、明中叶以来的功利实学发展为“实证实学”。从科学史角度看，它有两大功绩：一是辑佚、考释了一批古代科技典籍，为传统格致学的发展奠定了资料基础；二是，它的实事求是、追寻证据的精神，为接受近代科学架起了方法论的桥梁。

乾嘉朴学大致分为三派：吴派、皖派和扬派。吴派力求模仿和继承汉代经师，不重论是非，偏于唯汉而是；皖派对汉代经学既信又疑，不限于摭拾经义，而是功精比堪，阐发是理；扬派开墨学之先河，反对守株，追求开拓，注重实测。

乾嘉学派中有一批易学大师。易学家亦是潮流中人，面对西学之挑战亦需作出应战的反应，易学究竟有何程度的自我调节能力也受到检验。在“朴学”的“艺以明道”的桎梏下，方以智以易学改进西学的努力归于失败，江永对西学的积极而又实事求是的态度受挫，焦循面对中西学争论而潜言。在比较中西科学方面不能实事求是，何谈会通。

一、方以智

方以智（1611—1671）字密之，号浮山愚者，安徽桐城人。出身三代易学世家。曾祖父方学渐（1540—1615）著有《易》，祖父方大镇（1562—1631）著有《易意》，父方孔炤（1591—1655）。以智生，其祖父取《易传》之“蓍圆

而神，卦方以智，藏密同意，变易不易”之义，赐名“以智”。其父有《周易时论合编》传世。以智七岁入塾，祖父择门人王宣为其师，并示塾师尊德性与道问学并重施教。王宣精河洛象数并著有《物理所》，对以智重经学深有影响。以智九岁随父至福建宁州，在长溪听熊明遇讲论西学、物理，而又受西学启发。30岁（1640年）中进士，授工部观政、翰林院检讨、皇子讲官。1644年李自成义军攻陷北京，方以智投奔南明政权，不为所容，流浪江湖，宁死不仕异主。1650年清军入粤，他披缁为僧。1653年皈依佛门，主持青原寺。弘扬儒佛，交游贤士，志在文化复国。1670年辞主持职，退居泰和首山。翌年，清廷构难，殉节押解途中。

方以智一生命图哆乖，矢志以文化挽救民族，著述数十万言。有关科学和易学方面的著作主要有《物理小识》、《通雅》、《内经经脉》、《医学会通》、《周易图象几表》、《易余》。

方以智20岁时曾立下以《易》终生之志：

弱冠慕子长出游，游见天下人，如是而已。遂益狂放，自行至性，而不逾大闲。以为从此以往，以五年毕词赋之坛站；以十年建事功于朝；再以十五年穷经论史、考究古今；年五十，则专心学易，少所受王虚舟先生河洛理数，当推明之，以终天年，人生足矣。（《浮山文集前编》卷八）

方以智的当代人刘城对方以智治易亦曾有如下证言：

余治易好象数占变之说，又好讲图义……，皖桐则方密之特言之，皆治京焦陈邵诸家，观象玩占之学，非举子辈应有司尺度之言也。然独密之遂以易登上第矣。密之才高学博，凡天下官地志阴阳五行筮筮诸术，艺无不精，此非以为易，而皆与易有涉者。（刘城：《峰桐文集》卷三页十四）

方以智发挥《易传》中的“会通”思想，立志实践两个方面的会通：一方面，他会通中国传统文化的诸领域；另一方面，他企图调合中西，以易学改造西学。前者是方氏家学的传统，其特点是以经世思想为出发点调和朱陆。后者是西学东渐形势下的一大潮流。他借用孔子向郯子问学的典故，表达他兼采西学的态度：

尝借泰西为问郯，或然表法，反卦策，知周公、商高之方圆积矩全在于《易》，因悟天地间无非三两也。（《浮山文集前编》卷六，《曼寓草》卷下）

其子方中通在《物理小识编录缘起》中对此给出佐证：

王虚先生作《物理所》，崇祯辛未，老父为梓

之。自此，每有所闻，分条别记。如《山海经》、《白泽图》、张华、李石《博物志》、葛洪《抱朴子》、《本草采摭》，所言或无证，或试之不验，此责质测，征其确然者耳。……老父《通雅》残稿，自京师携归，《物理小识》原附其后。老父庚寅苗中，寄回一麓，小子分而编之。生死鬼神，会于惟心，何用思议，则本约矣。象纬历律、药物同异，验其实际则甚难也。适以远西为郅子，足以证明大禹、周公之法，更精求其故，积变以考之。士生今日，收千世之慧，而折衷会决，又乌可不自幸乎！

方以智的“质测”兼“通几”的方法论见识所反映的正是这种“会通”意识。一方面，他的“格物之则”包括“天之则”和“心之则”，“求多理于外物”（质测）与“求一理于内心”（通几），要求“会通”感官的“小体”与心智的“大体”；另一方面，他的“质测”和“通几”又是“会通”中西科学的，“质测”合儒学的“格致”与西学的“观察实验”于一语，而“通几”又兼《易传》的“研几”和西学“几何”之义。

方以智为兼采西学曾走访意大利传教士毕方济，厚交德国传教士汤若望，令子中通与波兰传教士穆尼阁游学京师。艾儒略《西学凡》和《职方外纪》、金尼阁的《西儒耳目资》以及当时出版的《天学出函》、《星土分野》、《主制群征》等西学书被其征引。《物理小识》引文中西学资料占5%。

方以智在“会通”中西科学方面，由于受利玛窦所传《万国图法》影响曾经想参考泰西地球画度绘制《禹书经天合地图》，虽然未成亦足见其“会通”之心意。在音韵学方面，还力图吸收西方拼音文字的优点：

今日得《西儒耳目资》，是金尼阁所著，字父十五，母五十，有甚、次、中三标，清、浊、上、去、入五转，是可以证明吾之等切。（方以智：《膝寓信笔》）

泰西氏十字皆只一画，作1，2，3，4，5，6，7，8，9，0，不烦两笔。（方以智：《通雅》卷一）

字之纷也，即缘通与借耳，若事属一字，字各一义，如远西因事乃合音，因音乃成字，不重不共，不尤愈乎？（方以智：《膝寓信笔》）

方以智在其著作中也批评西学。他批评西学的“上帝造物”神学观，以中国古典中“地恒动不止，如人在舟坐，舟行而人不觉”批评地心说，他还指责西学重质测而忽视通几。在他的思想中充满渴望新生而又眷念旧物的矛盾。在会通中西中，他过多地努力于易学的发微。任道斌对其学术倾向之功过有如下评论：

在西学东渐过程中，方以智对西学采取批判吸收的态度，同时对中国的文化科技作了调查整理。

方以智试图改正西学的不足，然而，三代学《易》家庭的影响，虽给他带来了自然的朴素辩证法，但这不能完全解释宇宙，以致使他陷入了形而上学。由于先天的不足，他不可能像牛顿那样，从科学实践中去寻求三大定律式的科学观，只能从《周易》、《河图》、《洛书》中检出神秘主义作为改进西学的武器，所以他的尝试归于失败。从方以智身上我们可以看到，一种新文化的传入，不仅会因为政治因素而受到夭折，而且也会因为学者本身的不成熟，和传统文化习惯势力的根深蒂固而遭到夭折。从方以智身上，我们看到晚明文化繁荣进步的短暂。^①

二、江永

江永（1681—1726），字慎修，江西婺源人。诸生，晚年方入贡。专治《十三经注疏》，于《三礼》有精深研究；研习西洋历算，治《易》根于西法。于古今制度、天文地理、钟律推平，无不深究索隐。学长比堪，博通古今，开清代朴学院派之先河。弟子众多，戴震为其中最著名者。著作甚丰，《四库全书》收其书目15种。易学著作有《河洛精蕴》。同科学有关的著作有《翼梅》、《律吕新论》、《律吕阐微》、《春秋地理考实》。

江永为朴学院派先驱，其传人戴震虽成朴学一代名师，

^① 任道斌：《方以智简论》，载《清史论丛》。

但未能贯彻江永的实事求是精神，未如江永肯公言其古韵之学根于等韵、象数之学根于西法^①。戴震早逝，其后学名家虽众，能光大其业者限于考据、训古、音韵。至嘉庆年间，左右历算研究大方向者为吴派钱大昕和扬派阮元。

江永私淑梅文鼎，但在行星运动理论方面多取西说。他读《历算丛书》加以衍绎，著《翼梅》八卷（1740），对梅文鼎以中学附会西学之处，实事求是地予以纠正。

梅文鼎之孙梅穀成（1681—1763），他作为梅氏历算学的合法继承人和御前历算家，认为江永“主张西学太过”，曾赠联暗江永：“殚精已入欧罗室，用夏还须亚圣言。”（江永：《翼梅又序》）当他读过江永的《翼梅》后，认为该书是“入室操戈，复授敌人以柄而助之”。讥其“谄而附之”（梅穀成：《五星管见附记》）。遂以“用力虽勤，揆之则古称先，开圣拒邪之旨则大戾矣”为由，拒绝为其作序（梅穀成：《梅氏历算全书》历学疑问跋）。多年以后，钱大昕（1728—1804）还以这段故事告诫江永弟子戴震（1724—1777）不要因“少习于江而特为之延誉”，暗示戴震、江永曾受西学“愚弄”。

江永所著《河洛精蕴》九卷，专论河图洛书。他依周敦颐“圣人之精画卦以示，圣人之蕴因卦一发”之义，名其书为“河洛精蕴”。

① 钱宝琮：戴震算学天文著作考，《浙江大学科学报告》第1卷（1934年），第1期。

莱布尼茨的易卦二进制解

莱布尼兹的二进制与易学的关系是讨论易学与近代科学之相通的一个很合适的案例。莱布尼茨因为从二进制数学理解了六十四卦图（邵雍的六十四卦方圆图）而高兴地说，几千年不能很好被理解的奥秘由我理解了，应该让我加入中国籍吧！他在其致德雷蒙的信中曾这样叙说他的这一贡献：

《易经》也就是变易之书，在伏羲的许多世纪以后，文王和他的儿子周公以及在文王和周公五个世纪以后的著名的孔子，都曾在这六十四个图形中寻找过哲学的秘密……这恰是二进制算术……在这个算术中，只有两个符号：0 和 1。用这两个符号可以写出一切数字。^①

半个世纪前，日本学者伍来欣造在其《儒教对于德国政治思想的影响》中，评论莱布尼茨发现二进制与易图的一致性时曾说：“二元算术与易，便是东西两文明之契合点的象征。”对于这一著名的易学史上的历史事件，各种书刊有许

① 莱布尼茨：《致德雷蒙的信：论中国哲学》，译文载《中国哲学史研究》，1981 年第 3、4 期，1982 年第 2 期。

多失实的报道。主要不实之论是所谓“莱布尼兹受《易经》的启发创造了二制数学”。

● 历史大略

其实莱布尼茨是 1679 年写出他的二进制数学体系的。他看见易图是在这之后。莱布尼茨通过法国在中国的传教士白晋 (Joachim Bouvet, 1656—1730) 看到了易图。1685 年白晋与洪若翰、李明、张诚、刘应等一起被法王路易十四派来中国传教。他们于 1687 年到达中国。1689 年康熙皇帝接见了张诚、白晋等懂得科学的传教士, 并请他们在宫廷学满语, 用满语讲数学。白晋受康熙皇帝之命于 1693 年回法国邀请更多的科学家和携带更多的科学书回来。白晋从 1697 年到 1702 年与莱布尼茨有通信交往。莱布尼茨受白晋影响, 1689 年开始注意《周易》。1701 年 4 月莱布尼茨把自己的二进制数表给白晋看。同年 11 月白晋把邵雍的伏羲六十四卦次序和伏羲六十四卦方位两个图给莱布尼茨, 莱布尼茨发现易图就是 0—63 的二进制数表。根据这个过程, 虽然莱布尼茨发表他的论文《谈二进制算术》是在 1703 年, 但不能认为是他受易图的启发发明二进制算术, 而是他发现了易图结构和他的二进制算术的一致性。英国 E.J. 爱顿的论文《莱布尼茨、中国与二进制》^① 对于澄清某些不实之词颇有

^① 译文载《科学史译丛》, 1985 年第 1 期, 第 6—14 页。

帮助。我们先根据他的研究列一张年表：

1667年：莱布尼茨经伯伊奈伯尔克男爵的秘书介绍，与一位曾经写过有关中国著作的耶稣会士阿塔那鸠斯·开尔夏相识。

1673年：莱布尼茨在给伦敦皇家学会的信中谈及印戴尔契达所写的《中国人的学问》一书。

1676年：莱布尼茨探索“普遍符号”理论引用了中国的资料。

1679年：莱布尼茨于3月15日完成“论二进制”论文的初稿，同年他还对密龙拉的手稿《中国语言的关键》提出十四点质疑。

1689年：莱布尼茨与曾在中国生活六年的意大利耶稣会士克劳习·费利浦·古里麦蒂相识，得到有关中国的第一手资料。

1696年：5月，莱布尼茨同鲁道夫·奥古斯特大公谈及二进制问题。不久，将其二进制理论写信告之去中国的一位传教士。

1697年：1月2日莱布尼茨将一枚自己设计的二进制纪念章送给奥古斯特大公。同年出版了他的《中国近事》，二进制与中国人思想体系的联系在其中开始初步得以表达。从北京回巴黎休假的白晋看到莱布尼茨的书立即写信给他，告诉他有关中国的最新消息，并将自己的著作《康熙皇帝传》赠予他。12月2日，莱布尼茨回复白晋谈及他对笛卡尔自然法则的批判及自己的生机论形而上学诸原理。白晋又回信

指出莱布尼茨信中所说的形而上学诸原理与中国哲学一致。

1701年：2月15日，莱布尼茨致信给已在北京的白晋，介绍自己的二进制原理。2月26日，莱布尼茨将《试论新数的科学》交给巴黎科学院书记芬托奈尔。4月25日莱布尼茨在该科学院宣读了他的这篇论文，但要求芬托奈尔暂时不要出版，以便作更充分的研究。11月4日，白晋从北京发出给莱布尼茨的回信，告之他发现六爻易卦与二进制的关系，并寄给他伏羲六十四卦方圆图和次序图。

1703年：4月1日莱布尼茨收到白晋1701年11月4日发给他的信和伏羲图，并立即回信，同时（4月2日）写信给卡鲁路·茂里丢·沃塔，告之白晋的发现。4月7日莱布尼茨将题为《关于仅用0与1两个记号的二进制算术的说明并附有其效用及关于据此解释古代中国伏羲图的探讨》的论文交给他的一位老师毕纽恩，以便在科学院的《纪要》上发表。4月17日他又致信伦敦皇家学会的约翰·思，谈及他对中国人几千年的难解之谜作出二进制的解答。

这张年表告诉我们，莱布尼茨在见到易图前24年就发明了二进制。“莱布尼茨受《易经》启发创造了二进制数学”之臆说不能再继续传讹了。

莱布尼茨不是二进制的最早发明人。在其前，英国数学家、天文学家哈里奥特（Thomas Harriot, 1560—1612）已在未发表的手稿中使用过二进制，而另一位发明人厚万·卡拉麦尔·伊·洛布克威兹于1670年出版的书《两方面的知识》中，不仅有二进制而且还有十二进制。莱布尼茨发明二进制

的直接启迪来自他在耶纳的老师埃哈特·瓦伊尔所著关于四进制的一本书。书名为《四合》，取毕达哥拉斯学派关于 1, 2, 3, 4 加合为 10 之专名。书的作者把数与神联系的思想引起莱布尼茨的兴趣。在瓦伊尔看来四进制是神创造世界的自然体系，所以有四元素、四季、四方位、四大洋等等。瓦伊尔的体系使他想到更简单的体系，即全部数都以 0 与 1 表示。

现在我们转向讨论莱布尼茨研究二进制兴趣的重振之机。从他 1679 年写下二进制算术初稿，到 1695 年与奥古斯特大公谈话重提，中断期约 20 年。大公对二进制的兴趣完全在神学。他暗示莱布尼茨，一切数都由 0 与 1 创造出来为《圣经》所述创世纪提供了表象和类比。上帝从无到有地创造世界恰与一切数源于 0 与 1 的体系对应。莱布尼茨想以大公的这一想法争取各界对自己的发明关注。莱布尼茨为自己的“单子”论的哲学体系而接受了大公的思想。对莱布尼茨来说，上帝保存着已被创造的单子，并且通过某种发掘连续地产生出这种单子。他向朋友表明，他在二进制中已经寻找到，从无开始的连续的创造以及这种事物依存上帝的那种完美的图像。1 与 0 这两个符号，反映着上帝与从无到有、肯定与否定、完美与不完美、主动与被动、表象与本质等事物的起源。在莱布尼茨看来完美的 1 和不完美的 0 是“创造”的基本象征。在他献给大公的纪念章正面有一个头顶着皇冠的符号串，表示数字 1 贯穿 0，它也是个希腊字母。其寓意是要使人想到《圣经》里的一句话：“必要的东西只能有一

个。”（《路加福音》第10章，第42节）而背面刻的是二进制数表和计算法实例。在莱布尼茨看来，二进制还体现了奇妙而美的和谐，即数字的周期分布。

莱布尼茨追求的是完美，将周期作为代数演算的对象加以研究。而巴黎科学院所期待的则是它的实际应用。芬托奈尔感到，用二进制记数数位要很多，实际应用不方便。而莱布尼茨则对芬托奈尔不理解自己期望在数论研究方面取得重大发而大为失望，但他对于易图与自己的二进制一致大为欢心。白晋的发现，虽然不是莱布尼茨所探求的那种应用，但它可以使他发表二进制合法化，对于芬托奈尔及其他人来说成为充分的、重大的成果。

莱布尼茨之所以接受易图，还另有一个重要文化因素。白晋在给他的信中说，伏羲与希腊神话中的赫耳墨斯·特里吉斯可能是同一个人，因此，中国语言是《圣经》所说洪荒辟世前的学者们所共同使用的语言，最终追到埃及的象形文字，中国与埃及文化同源。更进推理下去，还会得出古代中国人信奉自然神。这一点是很合主张东西方普适宗教统一的莱布尼茨口味的。如果莱布尼茨知道伏羲图本为邵雍所创造，他会采取何种态度呢？

●邵雍先天图与二进制数表

从现代数学的观点分析易图的结构始于白晋和莱布尼茨对邵雍先天六十四卦图的二进制解。计数可以有各种进制。

在日常生活中，大都采用十进制。十进制逢十进一，而且十进制中只有0、1、2、3、4、5、6、7、8、9十个数码，不管多大的数目都用这十个数码表示。我们在日常生活中也有非十进制计数法。例如，十二进制法，十二个月一年；十六进制法，旧制十六两一斤；六十进制法，六十秒一分，六十分一小时；一百进制法，一百年为一世纪等。二进制是逢二进一，且只用0和1两个数码表示所有的二进制数字。如果把阴爻以“0”代替，阳爻以“1”代替，可以看出易卦可以排成二进制数码组。图31给出八卦和二进制数码的对应关系。

000	●●●	坤
001	●●○	艮
010	●○●	坎
011	●○○	巽
100	○●●	震
101	○●○	离
110	○○●	兑
111	○○○	乾

图31 八卦和二进制数对照表

任何一个 n 位 r 进制整数 N 都可以展开为
$$N_r = \sum_{i=0}^{n-1} K_i r^i$$

其中 K_i 是 i 幂位的数字， r 是记数制的底。 K_i 的符号个数等

于进制底数 r 。

对于十进制记数法展开式变为

$$N_{10} = \sum_{i=0}^{n-1} K_i 10^i$$

$K_i = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9$ 。例如，十进制 $N_{10} =$

3407 的展开为

$$\begin{aligned} (3407)_{10} &= \sum_{i=0}^{4-1} K_i 10^i \\ &= 3 \times 10^3 + 4 \times 10^2 + 0 \times 10^1 + 7 \times 10^0 \end{aligned}$$

对于二进制计数法，展开式为

$$N_2 = \sum_{i=0}^{n-1} K_i 2^i$$

$K_i = 0, 1$ 。例如，二进制 $N_2 = 1011$ 的展开式为

$$\begin{aligned} (1011)_2 &= \sum_{i=0}^{4-1} K_i 2^i \\ &= 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 \end{aligned}$$

\$ 对于三进制计数法，展开式变为

$$N_3 = \sum_{i=0}^{n-1} K_i 3^i$$

$K_i = 0, 1, 2$ 。例如，三进制数 $N_3 = 2102$ 的展开式为

$$(2102)_3 = 2 \times 3^3 + 1 \times 3^2 + 0 \times 3^1 + 2 \times 3^0$$

按照二进制我们把邵雍的先天六十四卦序和扬雄《太玄》八十一首序分别译出，图 32 为其对照表。

0000 ●●●● 中 000000 ●●●●●● 坤

0001	●●●○	周	000001	●●●●●○	剥
0002	●●●⊙	噬	000010	●●●●○●	比
0010	●●○●	闲	000011	●●●●○○	观
0011	●●○○	少	000100	●●●○●●	豫
0012	●●○⊙	戾	000101	●●●○●○	晋
0020	●●⊙●	上	000110	●●●○○●	萃
0021	●●⊙○	千	000111	●●●○○○	否
0022	●●⊙⊙	狩	001000	●●○●●●	谦
0100	●○●●	羨	001001	●●○●●○	艮
0101	●○●○	差	001010	●●○●○●	蹇
0102	●○●⊙	童	001011	●●○●○○	渐
0110	●○○●	增	001100	●●○○●●	小过
0111	●○○○	锐	001101	●●○○●○	旅
0112	●○○⊙	远	001110	●●○○○●	咸
0120	●○⊙●	交	001111	●●○○○○	遁
0121	●○⊙○	贾	010000	●○●●●●	师
0122	●○⊙⊙	僕	010001	●○●●●○	蒙
0200	●⊙●●	从	010010	●○●●○●	坎
0201	●⊙●○	进	010011	●○●●○○	涣
0202	●⊙●⊙	释	010100	●○●○●●	解
0210	●⊙○●	格	010101	● ●○●○	未济
0211	●⊙○○	夷	010110	○●○○●●	困
0212	●⊙○⊙	乐	010111	●○●○○○	讼
0220	●⊙⊙●	争	011000	●○○●●●	升

0221	●○●○	务	011001	●○○●●○	蛊
0222	●○●○	事	011010	●○○●○●	井
1000	○●●●	更	011011	●○○●○○	巽
1001	○●●○	断	011100	●○○○●●	恒
1002	○●●○	毅	011101	●○○○●○	鼎
1010	○●○●	装	011110	●○○○○●	大过
1011	○●○○	众	011111	●○○○○○	姤
1012	○●○○	密	100000	○●●●●●	复
1020	○●○●	亲	100001	○●●●●○	颐
1021	○●○●	钦	100010	○●●●○●	屯
1022	○●○●	疆	100011	○●●●○○	益
1100	○○●●	睥	100100	○●●○●●	震
1101	○○●○	盛	100101	○●●○●○	噬嗑
1102	○○●○	居	100110	○●●○○●	隋
1110	○○○●	法	100111	○●●○○○	无妄
1111	○○○○	应	101000	○●○●●●	明夷
1112	○○○○	迎	101001	○●○●●○	贲
1120	○○○●	遇	101010	○●○●○●	既济
1121	○○○●	宠	101011	○●○●○○	家人
1122	○○○●	大	101100	○●○○●●	丰
1200	○●●●	廓	101101	○●○○●○	离
1201	○●●○	文	101110	○●○○○●	革
1202	○●●○	礼	101111	○●○○○○	同人
1210	○●○●	逃	110000	○○●●●●	临

1211	○◎○○	唐	110001	○○●●●○	损
1212	○◎○○◎	常	110010	○○●●○●	节
1220	○◎◎●	度	110011	○○●●○○	中孚
1221	○◎◎○	永	110100	○○●○●●	归妹
1222	○◎◎◎	昆	110101	○○●○●○	睽
2000	◎●●●	减	110110	○○●○○●	兑
2001	◎●●○	咍	110111	○○●○○○	履
2002	◎●●◎	守	111000	○○○●●●	泰
2010	◎●○●	翕	111001	○○○●●○	大畜
2011	◎●○○	聚	111010	○○○●○●	需
2012	◎●○◎	积	111011	○○○●○○	小畜
2020	◎●◎●	饰	111100	○○○○●●	大壮
2021	◎●◎○	疑	111101	○○○○●○	大有
2022	◎●◎◎	视	111110	○○○○○●	夬
2100	◎○●●	沈	111111	○○○○○○	乾
2101	◎○●○	内			
2102	◎○●◎	去			
2110	◎○○●	晦			
2111	◎○○○	瞽			
2112	◎○○◎	穷			
2120	◎○◎●	割			
2021	◎○◎○	止			
2122	◎○◎◎	坚			
2200	◎◎●●	成			

2201	⊙⊙●○	闾
2202	⊙⊙●⊙	失
2210	⊙⊙○○●	剧
2211	⊙⊙○○○	驯
2212	⊙⊙○○⊙	将
2220	⊙⊙⊙●	难
2221	⊙⊙⊙○	勤
2222	⊙⊙⊙⊙	养

图 32 《太玄》卦和邵雍先天卦的三进制数译表

从图可以看出邵雍的先天六十四卦序实质上是六位二进制数的自然顺序,《太玄》八十一首序是四位三进制数的自然顺序。一些报刊的文章在谈到二进制数学和易图的关系时的另一错误解是,据此而说易图是二进制数学。其实易图不能算二进制数学。易图本身只不过可以译成二进制数码,但它以及它的演成都不蕴含二进制算法。

焦循的易卦代数解

焦循(1763—1820),字理堂,甘泉(今江苏扬州)人。出身易学世家。曾祖父焦源为《周易》之学,祖父焦镜、父焦慈皆传易学。焦循39岁中举,会试京都不第后,已无心科举。归卧北湖,筑雕菰楼教馆授徒为业。深居简

出，潜心研读著述。学识广博，邃于经义，尤清于天文历算。仅易学著作就有《雕菰楼易学三书》40卷（其中《易通释》20卷、《易图略》8卷、《易章句》12卷）、《易话》2卷、《易广记》3卷、《注易日记》3卷、《易补疏》、《易余篇录》、《易余集》。同科学有关的著作有《里堂学算记》（包括《加减乘法》8卷、《天元一释》2卷、《释弧》3卷、《释轮》2卷、《释椭》1卷、《开方通释》1卷）、《李翁医记》、《医说》、《种痘医书》、《沙疹吾验篇》、《禹贡郑注释》1卷、《毛诗地理释》四卷、《毛诗鸟兽草木虫鱼释》。治学善于博采，会通中西百家。为人尚交，与李锐（1769—1817）、汪莱（1768—1813）磋学甚密，被时人称“谈天三友”。

●焦循的数学观

焦循认为：

天算之学有二端：守当时成法，布策推算，无有差戾，术士之学也；明其义蕴，贯而通之，阐发古先，以启来者，儒者之学。

他自己选择了后一端，潜心研究中西数学，反省并阐发古义。在《加减乘除释》中，他以字符代替数字以及对四则运算的基本定理所进行的讨论，可视为当时抽象数学方法的代表。他的有些数学成果难于同汪、李分开。他们在研讨中

互相吸收，各自的著作中彼此都有贡献。阮元曾说：

〔焦循〕与吴县李君尚之（锐）、歙县汪君孝婴（莱），商计算学，是时李仁卿、秦道古之书，两君未之见也。乙卯，君（焦循）在元（阮元）署中，得《益古演段》、《测海圆镜》二书，急索尚之，尚之为之疏通证明，君又得秦氏所为《数学大略》，因撰《天元一释》二卷、《开方通释》一卷。（阮元：《通儒扬州焦君传》）

焦循把他的数学研究方法和知识用于易学研究。他的《易图略》即是一部以数学治易学的著作，也是易学数学著作。其中的旁通、相错、时行、当位、比例诸图实属排列研究。他这样叙述他研究易学的实证精神：

余学《易》所悟得者有三：一曰旁通、二曰相错、三曰时行。此三者皆孔子之言也，孔子所以赞伏羲、文王、周公者也。夫《易》，犹天也，天不可知，以实测而知。本经文而实测之，《易》亦渐而明。……余初不知何为“相错”，实测其经文传文，而后知比例之义出于相错，不知相错，则比例之义不明。余初不知何为“旁通”，实测其经文传文，而后知升降之录出于旁通，不知旁通，则升降之录不著。余初不知何为“时行”，实测其经传文，

而后知变化之道出于时行，不知时行，则变化之道不神。未实测于全《易》之先，胸中无此三者之名。即实测于全《易》，觉经文传文有如是者，……测之既久，益觉非相错，非旁通、非时行则不可以解文传文，则不可以通伏羲、文王、周公、孔子之意。十数年来，以测天之法测《易》，而此三者，乃从全《易》中自然契合。（《雕菰集》卷一六《易图略·自序》）

焦循更以治易学的方法通释诸经。他以数理形式讨论哲学问题。他主张“名主其形，理主其数”的名数观和“名起于立法之后，理起于立法之先”的法理观（《加减乘除释·序》）。他把这种数学哲学用于经学研究，将一切事物的变化归为“理之一”或“数之约”（《加减乘除释》卷二）。

“谈天三友”对于中西得失之争作了不同的选择^①。李锐训服于派规，汪莱自认算学家角色，焦循则矢志“贯通”中西。李锐受业吴派钱大昕。钱教导他说：

数为六艺之一，由艺以明道，儒者之学也。自世之学者卑无高论，习于数而不知其理，囿于今不通乎古，于是儒林之实学下同方技，虽多运算如

^① 洪万生、刘钝：汪莱、李锐与乾嘉学派，《汉学研究》，第10卷（1992），第1期，第85—103页。

飞，又遏足贵乎。（李锐：《三统术衍铃·跋》）

李锐循规蹈矩，实践师教，精实疏古，受到垂青。

汪莱学慕皖派江永、戴震、金榜、程君易畴学。狂放不羁，超异难古，本西学立论，坐冷板凳。罗士琳所撰《续畴人传》称其“尤于西学太深，……墨守西法……”。

焦循为朴学扬代表，亦服膺戴震，扬其天文历算和义理之学。朴厚笃学，博采中西。为人谦和善交。

李锐与汪莱于中西学问之得失，分歧颇大，时有争论。焦循认为学术之争论可贵。下面是他对汪李之争的态度：

近世盛行西法，自乾嘉之季迄今，以算学知名者十数，而汪莱教婴、吴李锐四香之名龙著。二君皆与予善，予尝招集于秦淮水榭，二君各言中西学得失之故，齟齬辩论不可合。予故未习此。（《包世臣：〈费隐与知录序〉》）

最后，我们看罗士琳按乾嘉学派价值观，对“谈天三友”所作出的比较评论：

然注期于引申古人未言，故所论多创，创则或失于执；焦期于阐发古人所已言，故所论多因，因则或失于平；惟尚之兼二子之长，不执不平，于实事中匪特求是，尤复求精，此所以较胜于二子也。

●乘方表与易卦

在《加减乘除释》中，焦循对于 $(a+b)^n$ ，用中文字甲和乙的互乘给出一个展开表。其表止于 $n=6$ （按他的术语是五乘方），他解释说“终于五乘者，取卦终于六十四之义”。无需解释，他对乘方展开式与易卦结构类比关系是明确的。我们把他的乘方表与易卦对比列出，读者也不难看出它与易卦结构的对应关系。唯一需要注释的是表中出现的几个术语。甲自乘为“方”，乙自乘为“隅”，甲乙互乘为“廉”，并且依乘的次数而有“一乘方”、“二乘方”、“三乘方”、“四乘方”、“五乘方”和“第一廉”、“第二廉”、“第三廉”、“第四廉”、“第五廉”。

甲	单方根	○
甲甲	一乘方	○○
甲乙	平方廉一	○●
乙甲	平方廉二	●○
乙乙	平方隅	●●
甲甲甲	再乘方	○○○
甲甲乙	平廉一	○○●
甲乙甲	平廉二	○●○
乙甲甲	平廉三	●○○
甲乙乙	长廉一	○●●

乙甲乙	长廉二	●○●
乙乙甲	长乘三	●●○
乙乙乙	再乘方隅	●●●
甲甲甲甲	三乘方	○○○○
甲甲甲乙	第一廉之一	○○○●
甲甲乙甲	第一廉之二	○○●○
甲乙甲甲	第一廉之三	○●○○
乙甲甲甲	第一廉之四	●○○○
甲甲乙乙	第二廉之一	○○●●
甲乙乙甲	第二廉之二	○●●○
甲乙甲乙	第二廉之三	○●○●
乙甲乙甲	第二廉之四	●○●○
乙甲甲乙	第二廉之五	●○○●
乙乙甲甲	第二廉之六	●●○○
甲乙乙乙	第三廉之一	○●●●
乙甲乙乙	第三廉之二	●○●●
乙乙甲乙	第三廉之三	●●○●
乙乙乙甲	第三廉之四	●●●○
乙乙乙乙	三乘方隅	●●●●
甲甲甲甲甲	四乘方	○○○○○
甲甲甲甲乙	第一廉之一	○○○○●
甲甲甲乙甲	第一廉之二	○○○●○
甲甲乙甲甲	第一廉之三	○○●○○
甲乙甲甲甲	第一廉之四	○●○○○

乙甲甲甲甲	第一廉之五	●○○○○
甲甲甲乙乙	第二廉之一	○○○●●
甲甲乙乙甲	第二廉之二	○○●●○
甲乙乙甲甲	第二廉之三	○●●○○
乙乙甲甲甲	第二廉之四	●●○○○
甲乙甲乙甲	第二廉之五	○●○●○
甲甲乙甲乙	第二廉之六	○○●○●
甲乙甲甲乙	第二廉之七	○●○○●
乙甲乙甲甲	第二廉之八	●○○●●
乙甲甲乙甲	第二廉之九	●○○●○
乙甲甲甲乙	第二廉之十	●○○○●
甲甲乙乙乙	第三廉之一	○○●●●
甲乙乙乙甲	第三廉之二	○●●●○
乙乙乙甲甲	第三廉之三	●●●○○
甲乙甲乙乙	第三廉之四	○●○●●
甲乙乙甲乙	第三廉之五	○●●○●
甲乙乙乙甲	第三廉之六	○●●●○
乙甲乙甲乙	第三廉之七	●○●○●
乙甲乙乙甲	第三廉之八	●○●●○
乙甲甲乙乙	第三廉之九	●○○●●
乙乙甲甲乙	第三廉之十	●●○○●
甲乙乙乙乙	第四廉之一	○●●●●
乙甲乙乙乙	第四廉之二	●○●●●
乙乙甲乙乙	第四廉之三	●●○●●

乙乙乙甲乙	第四廉之四	●●●○●
乙乙乙乙甲	第四廉之五	●●●●○
乙乙乙乙乙	四乘方隅	●●●●●
甲甲甲甲甲	五乘方	○○○○○
甲甲甲甲甲乙	第一廉之一	○○○○○●
甲甲甲甲乙甲	第一廉之二	○○○○●○
甲甲甲乙甲甲	第一廉之三	○○○●○○
甲甲乙甲甲甲	第一廉之四	○○●○○○
甲乙甲甲甲甲	第一廉之五	○●○○○○
乙甲甲甲甲甲	第一廉之六	●○○○○○
甲甲甲甲乙乙	第二廉之一	○○○○●●
甲甲甲乙乙甲	第二廉之二	○○○●●○
甲甲乙乙甲甲	第二廉之三	○○●●○○
甲乙乙甲甲甲	第二廉之四	○●●○○○
乙乙甲甲甲甲	第二廉之五	●●○○○○
甲甲甲乙甲乙	第二廉之六	○○○●○●
甲甲乙甲甲乙	第二廉之七	○○●○○●
甲乙甲甲甲乙	第二廉之八	○●○○○●
乙甲甲甲甲乙	第二廉之九	●○○○○●
甲甲乙甲乙甲	第二廉之十	○○●○●○
甲乙甲甲乙甲	第二廉之十一	○●○○●○
乙甲甲甲乙甲	第二廉之十二	●○○○●○
甲乙甲乙甲甲	第二廉之十三	○●○●○○
乙甲甲乙甲甲	第二廉之十四	●○○●○○

乙甲乙甲甲甲	第二廉之十五	●○●○○○
甲甲甲乙乙乙	第三廉之一	○○○●●●
甲甲乙乙乙甲	第三廉之二	○○●●●○
甲乙乙乙甲甲	第三廉之三	○●●●○○
乙乙乙甲甲甲	第三廉之四	●●●○○○
甲甲乙乙甲乙	第三廉之五	○○●●○●
甲乙乙甲甲乙	第三廉之六	○●●○○●
乙乙甲甲甲乙	第三廉之七	●●○○○●
甲乙乙甲乙甲	第三廉之八	○●●○●○
乙乙甲甲乙甲	第三廉之九	●●○○●○
乙乙甲乙甲甲	第三廉之十	●●○●○○
甲乙甲甲乙乙	第三廉之十一	○●○○●●
乙甲甲甲乙乙	第三廉之十二	●○○○●●
甲乙甲乙乙甲	第三廉之十三	○●○●●○
乙甲甲乙乙甲	第三廉之十四	●○○●●○
甲甲乙甲乙乙	第三廉之十五	○○●○●●
甲乙甲乙甲乙	第三廉之十六	○●○●○●
乙甲甲乙甲乙	第三廉之十七	●○○●○●
乙甲乙乙甲甲	第三廉之十八	●○●●○○
乙甲乙甲甲乙	第三廉之十九	●○●○○●
乙甲乙甲乙甲	第三廉之二十	●○●○●○
甲甲乙乙乙乙	第四廉之一	○○●●●●
甲乙乙乙乙甲	第四廉之二	○●●●●○
乙乙乙乙甲甲	第四廉之三	●●●●○○

甲乙乙乙甲乙	第四廉之四	○●●●○●
乙乙乙甲甲乙	第四廉之五	●●●○○●
甲乙乙甲乙乙	第四廉之六	○●●○●●
乙乙甲甲乙乙	第四廉之七	●●○○●●
甲乙甲乙乙乙	第四廉之八	○●○●●●
乙甲甲乙乙乙	第四廉之九	●○○●●●
乙乙甲乙乙甲	第四廉之十	●●○●●○
乙乙乙甲乙甲	第四廉之十一	●●●○●○
乙甲乙甲乙乙	第四廉之十二	●○●○●●
乙乙甲乙甲乙	第四廉之十三	●●○●○●
乙甲乙乙甲乙	第四廉之十四	●○●●○●
乙甲乙乙乙甲	第四廉之十五	●○●●●○
甲乙乙乙乙乙	第五廉之一	○●●●●●
乙甲乙乙乙乙	第五廉之二	●○●●●●
乙乙甲乙乙乙	第五廉之三	●●○●●●
乙乙乙甲乙乙	第五廉之四	●●●○●●
乙乙乙乙甲乙	第五廉之五	●●●●○●
乙乙乙乙乙甲	第五廉之六	●●●●●○
乙乙乙乙乙乙	五乘方隅	●●●●●●

图 33 焦循乘方表与易卦对照

● 易代数

沈仲涛的《易卦与代数之定律》和丁超五的《易理新

论》给出四象、八卦和六十四卦的代数解。我们这里的讨论不止于六十四卦，而是依邵雍的思想把它推广到二项式的无穷次方。

我们先看代数二项式平方 $(a+b)^2$ 的展开式：

$$(a+b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$$

如果我们将 a 代之以阴爻， b 代以阳爻，规定 $ab \neq ba$ ，我们由 $(a+b)_2$ 的展开式：

$$(a+b)^2 = a^2 + ab + ba + b^2$$

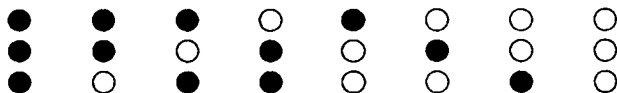
可以得到四象：



八卦相当 $(a+b)^3$ 的展开

$$(a+b)^3 = a^3 + ba^2 + aba + a^2b + b^2a + bab + ab^2 + b^3$$

亦即



对于由 n 爻组成的易卦我们可以用一个普遍的公式表示，即

$$(X+Y)^n$$

其中 X 代表阳爻 \bigcirc ， Y 代表阴爻 \bullet ， n 是爻数。

当 $n=0$ 时，得太极。

当 $n=1$ 时，得两仪。

当 $n=2$ 时，得四象。

当 $n=3$ 时，得八卦。

当 $n=4$ 时，得十六卦。

当 $n=5$ 时，得三十二卦。

当 $n=6$ 时，得六十四卦。

当 $n=7$ 时，得一百二十八卦。

n 继续增长，就连续形成易卦的序列。

丁超五在他的《易理新诠》中用二项式展开解释了四象和八卦及六十四卦的演成。但认为卦图只是二项式展开的得数，没有给出演算规则。我们上面的分析已不限于四象、八卦和六十四卦，而是在邵雍推广易卦的基础上，对易卦序列作了完整的分析。不仅如此，我们还要在前面关于易图排布研究的基础上说明，邵雍论先天图排布，旨在阐明易卦是一个 $(X+Y)^n$ 展开的序列。邵雍在《皇极经世书·观物外篇》的那段话，讲的是从太极开始，一分为二，二分为四，四分为八，一直无限地分下去。他的伏羲八卦次序和伏羲六十四卦次序，就是借助连续二分法的概念用图阐明易卦的各次分裂所对应的卦数。一次分裂得两仪，二次分裂得四象，三次分裂得八卦，四次分裂得十六卦，五次分裂得三十二卦，六次分裂得六十四卦。他的图式只到六十四卦，但文字叙述却推至无穷。邵雍的伏羲八卦方位和伏羲六十四卦方位两图给出八卦是三爻卦，六十四卦是六爻卦。卦的爻数只用连续二分是得不出来的。他实际上是改造了“八卦相重”的概念，

把它变为“两仪连续相乘”的观念。二乘对应得到二爻卦四象，三乘得到三爻卦八卦，四乘得四爻卦十六卦，五乘得五爻卦三十二卦，六乘得六爻卦六十四卦，还可以继续乘下去。这就是说，邵雍实际上是由连续二分和两仪连续相乘两概念说明易卦演成的。陈梦雷所作六十四卦大成衡图不只是较详细地解释了邵雍的伏羲六十四卦次序，而且暗示爻数递增。我们摘引他的《六十四卦衡图说》中的一段话为证：

八卦未画之先，则太极生八卦。八卦既画之后，则八卦皆可为太极。所谓物物各具一太极者，此也。由是两仪两十六，由是而四象得三十二，由是而八卦得六十四。六画之上无可加，六十四卦之外亦无可益，此数理之自然也。

易卦衍生模式本质上是按二项式展开。如果我们按二项式定理作普遍的分析，就会看到易图的数学完美性。

二项式定理说，设 n 是一正整数，则对所有的 X 和 Y ，有

$$\begin{aligned}(X + Y)^n &= Y^n + C_1^n XY^{n-1} + C_2^n X^2 Y^{n-2} \\ &\quad + \cdots + C_{n-1}^n X^{n-1} Y + X^n \\ &= \sum_{k=0}^n C_k^n X^k Y^{n-k}\end{aligned}$$

当以阳爻代 X ，阴爻代 Y ， n 表示卦的爻数时，就可以算出两仪、四象、八卦……的卦数以及卦的分类。

$n=0$, 对应于太极: $C_0^0=1$;

$n=1$, 对应于两仪: $C_0^1Y + C_1^1X$, 即

●和○;

$n=2$, 对应于四象: $C_0^2Y^2 + C_1^2XY + C_2^2X^2$, 即

●●, ●○, ○●, ○○。

$n=3$, 对应于八卦: $C_0^3Y^3 + C_1^3XY^2 + C_2^3X^2Y + C_3^3X^3$, 即

●	○	●	●	●	○	○	○
●	●	○	●	○	●	○	○
●	●	●	○	○	○	●	○

可见邵雍的易图是二项式展开的图式。特别值得注意的是, 易图衍生所对应的二项式展开, 不是通常的代数二项式, 它规定了 X 和 Y 不可对易性, 即 $XY \neq YX$ 。这意味着易图结构是一种量子代数结构。因此, 易图在数学史上有它的重要意义。

六十四卦与遗传密码表

生物遗传码与六十四卦的巧合也是易学与近代科学相通的一种表现。最早注意到生物遗传码与六十四卦对应关系的是德国学者申伯格 (M. Schonberger)。1973 年, 他出版了一本名为《生命的秘密钥匙: 宇宙公式易经和遗传密码》^①

① *Verborgener Schlüssel zum Leben: Welt — formel I Ching in genetischen Codes*, München, Bernbarth, 1973.

的小册子，首次阐明了 64 个生物遗传密码“词”与《易经》手续卦之间的对应。自此至今，一些中国人和外国人都还在研究这种对关系，以图发展出一种更适当的遗传密码表示系统。

生物遗传的物质基础是生物细胞核内染色体上的脱氧核糖核酸（DNA）。DNA 是由两条由许多核苷酸链构成的双螺旋结构。每个核苷酸又是由脱氧核糖、磷酸和碱基构成的。碱基有四种，每个核苷酸只包含其中的一种碱基，因此核苷酸也就有四种。生物体的遗传特征就是由 DNA 分子中特定的核苷酸排列顺序决定的，并通过 DNA 分子的复制把遗传信息一代代地传下去。在子代的发育过程中，记载在 DNA 分子中的核苷酸顺序上的遗传信息，通过转录和转译过程传给子代，使子代表现出与亲代相似的特征。所谓转录是根据 DNA 的核苷酸顺序决定信使核糖核酸（mRNA）分子中的核苷酸顺序，mRNA 分子中的核酸顺序又决定蛋白质分子中的氨基酸排列顺序。在 mRNA 分子中以一定顺序相连的三个核苷酸来决定一种氨基酸。这种核苷酸三联体称为三体遗传密码。

四种碱基决定四种核苷酸，因此核苷酸三联体密码可由四种碱基的三排列表示。按组合数学其排列方式为 $4^3 = 64$ 种，恰与《易经》64 卦相合。在遗传学中，四种碱基分别由四个字母代表。以 U 代表碱基尿嘧啶，以 C 代表碱基胞嘧啶，以 A 代表碱基腺嘌呤，以 G 代表碱基鸟嘌呤。因此，氨基酸可由 U、C、A、G 四个字母的三三组合表示。如果

将 U、C、A、G 分别与易卦的四象太阴 (●●)、少阴 (○●)、少阳 (●○)、太阳 (○○) 对应, 就可以在三联体密码表和 64 卦系之间建立起对应关系。

四碱基与四象的对应关系, 纯数学地考虑有 16 种可能。如果这种对应真有科学根源, 那么它必然是唯一确定的。为了唯一地决定对应关系, 不同的研究者提出了不同的对应规则。潘雨廷、王贲胜根据键数的奇偶, 顾明依据碱基环的单双等等。对应规则的不同, 结果也不同。因此, 这类研究的全部成果还都不足以给出这种确定性。已有的对应关系列于图 34 中。

	太阳	少阳	少阴	太阴
	○○	●○	○●	●●
秦新华	G	A	U	C
萧景霖	G	U	A	C
徐宏达	U	A	C	G
顾 明	C	U	A	G
潘雨廷	C	U	G	A
王贲胜	C	G	A	U
申伯格	A	G	C	U

图 34 四碱基与《易经》四象对应表

即使确定了唯一的对应关系, 遗传码的 64 卦排列依然是不确定的。图 35 给出的是遗传学通用的十六码区密码表,

图 36 和图 37 分别是同一形式的两种密码卦。而图 38 — 40 为三种六十四卦遗传密码表。

UUU	UCU	UAU	UGU
UUC	UCC	UAC	UGC
UUA	UCA	UAA	UGA
UUG	UCG	UAG	UGG
CUU	CCU	CAU	CGU
CUC	CCC	CAC	CGC
CUA	CCA	CAA	CGA
CUG	CCG	CAG	CGG
AUU	ACU	AAU	AGU
AUC	ACC	AAC	AGC
AUA	ACA	AAA	AGA
AUG	ACG	AAG	AGG
GUU	GCU	GAU	GGU
GUC	GCC	GAC	GGC
GUC	GCA	GAA	GGA
GUG	GCG	GAG	GGG

图 35 遗传学通用密码表

UUU	UCU	UGU	UAU
UUC	UCC	UGC	UAC
UUG	UCG	UGG	UAG
UUA	UCA	UGA	UAA
CUU	CCU	CGU	CAU
CUC	CCC	CGC	CAC
CUG	CCG	CGG	CAG
CUA	CCA	CGA	CAA
GUU	GUU	GUU	GAU
GUC	GCC	GGC	GAC
GUG	GCG	GGG	GAG
GUA	GCA	GGA	GAA
AUU	ACU	AGU	AAU
AUC	ACC	AGC	AAC
AUG	ACG	AGG	AAG
AUA	ACA	AGA	AAA

图 36 申伯格密码卦表

UUU	UCU	UAU	UGU
UUC	UCC	UAC	UGC
UUA	UCA	UAA	UGA
UUG	UCG	UAG	UGG
CUU	CCU	CAU	CGU
CUC	CCC	CAC	CGC
CUA	CCA	CAA	CGA
CUG	CCG	CAG	CGG
AUU	ACU	AAU	AGU
AUC	ACC	AAC	AGC
AUA	ACA	AAA	AGA
AUG	ACG	AAG	AGG
GUU	GCU	GAU	GGU
GUC	GCC	GAC	GGC
GUA	GCA	GAA	GGA
GUG	GCG	GAG	GGG

图 37 潘雨廷密码卦表

CCC	CCA	CCU	CCG	CAC	CAA	CAU	CAG
CUC	CUA	CUU	CUG	CGC	CGA	CGU	CGC
ACC	ACA	ACU	ACG	AAC	CAA	AAU	AAG
AUC	AUA	AUU	AUG	AGC	AGA	AGU	AGG
UCC	UCA	UCC	UCG	UAC	UAA	UAU	UAG
UUC	UUA	UUU	UUG	UGC	UGA	UGU	UGG
GCC	GCA	GCU	GCG	GAC	GAA	GAU	GAG
GUC	GUA	GUU	GUG	GGC	GGA	GGU	GGG

图 38 萧景霖遗传码 64 卦方图①

① 萧景林：《易经与遗传密码》，《百科知识》，1986 年第 2 期。

GGG	GGU	GGA	GGC	GUG	GUU	GUA	GUC
GAG	GAU	GAA	GAC	GCG	GCU	GCA	GCC
UGG	UGU	UGA	UGC	UUG	UUU	UUA	UUC
UAG	UAU	UAA	UAC	UCG	UCU	UCA	UCC
AGG	AGU	AGA	AGC	AUG	AUU	AUA	AUC
AAG	AAU	AAA	AAC	ACG	ACU	ACA	ACC
CGG	CGU	CGA	CGC	CUG	CUU	CUA	CUC
CAG	CAU	CAA	CAC	CCG	CCU	CCA	CCC

图 39 顾明遗传密码 64 卦方图①

UUU	UUA	UUG	UUC	UGU	UGA	UGG	UGC
UAU	UAA	UAG	UAC	UCU	UCA	UCG	UCC
AUU	UAA	UAG	UAC	AGU	AGA	AGG	AGC
AAU	AAA	AAG	AAC	ACU	ACA	ACG	ACC
GUU	GUA	GUG	GUC	GGU	GGA	GGG	GGC
GAU	GAA	GAG	GAC	GCU	GCA	GCG	GCC
CUU	CUA	CUG	CUC	CGU	CGA	CGG	CGC
CAU	CAA	CAG	CAC	CCU	CCA	CCG	CCC

图 40 王贵胜遗传密码 64 卦方图②

① 见顾明：《周易象数图说》，中国社会科学出版社，1990年。

② 见王贵胜：《密码卦模型的科学逻辑初探》，载《周易与自然科学研究》，丘亮辉等主编，中州古籍出版社，1992年，第279—293页。

这三种密码卦的差别可从重卦法分析看出。顾表是上下体皆为坤、艮、坎、巽、震、离、兑、乾排布的结果。王表上体为坤、艮、坎、巽、震、兑、离、乾，而下体则为坤、艮、震、离、坎、巽、兑、乾。萧表不可按重卦法分析。上述五种密码卦的实质差别由它们所确定的一个起始码(AUG)卦和三个终止码(UUA、UAG、UGA)卦的不同一目了然。图41所示的各种密码卦模型之间的巨大差别表明，这类研究尚未达到确定的科学结果。

	AUG	UAA	UAG	UGA
申伯格	颐	遁	旅	否
王贲胜	颐	蹇	艮	萃
潘雨廷	萃	师	坎	升
顾明	震	井	升	坎
萧景霖	无妄	井	巽	大过

图41 五种密码卦的差别

第五章

易学与后现代科学

一般来说，传统的惯性是历史的阻力。但是，在历史的转折关头，长期被忽视的古代智慧往往成为开辟未来道路的创造源泉。欧洲的文艺复兴就是从回忆在中世纪被遗忘的古希腊传统开始，开创近代科学文明的。向古代思想的这种归复是事物和思想发展“螺旋上升”规律的表现。恩格斯在《自然辩证法》中曾经写到：

如果说，在细节上形而上学比希腊人要正确些，那么，总的来说希腊人就比形而上学要正确些。这就是我们在哲学中以及在其他许多领域中常常不得不回到这个小民族的成就方面来的原因之一，他们的无所不包的才能与活动，给他们保证了在人类发展史上为其他任何民族所不能企求的地位。而另外一个原则是：在希腊哲学的多种多样的形式中，差不多可以找到以后各种观点的胚胎、萌芽。因此，如果理论自然科学想要追溯自己今

天的一般原理发生和发展的历史，它也不得不回到希腊人那里去。而这种见解愈来愈为自己开拓道路。有些自然科学家一方面把希腊哲学的残渣，例如原子论，当作永恒真理，另一方面却以培根式的傲慢去看希腊人，理由是他们没有经验自然科学，这样的自然科学家是愈来愈少了。现在唯一希望的是这种见解逐步前进，达到对希腊哲学的真正的认识。^①

恩格斯的这段话是对希腊古典哲学的一个正确的历史评价。然而，100多年后的今天，一些学者把目光转向了中国古典哲学。实际上，不少人已经像恩格斯对于古希腊哲学的评价那样看待中国古典哲学了。例如，量子力学哥本哈根学派的尊师玻尔认为量子论的认识论问题，在中国哲学家那里已碰到了，他一生反复阐述的并协观念在中国也有它的先河。他亲自设计的自己家族的族徽，把太极图作为图案的核心，象征“并协”。美当代物理学家惠勒发现中国传统文化中有他的“质朴原理”的先河，说他之所以敬佩中国的传统，不单在于中国的长城箭垛、帝王陵寝、佛塔古寺等看不尽的物质上的历史陈迹，更在于中国的许多伟大思想家所留下的精神宝库^②。美国高能物理学家卡普拉1975年出版了

① 恩格斯：《自然辩证法》，人民出版社1971年版，第30—31页。

② 惠勒：《物理学和质朴性》，安徽科学技术出版社，1982年。

一本书，叫作《物理学之道》，把现代物理学和东方哲学思想作了对比，企图说明东方学问的精神和西方的有一个基本的一致。美国尤里达（R.A.Ureyta）1975年在《美国物理学杂志》（第43卷第2期）上发表的《中国古代的物理学和自然观》也认为当今科学所选择的某些方向，统一整体世界观的某些方面具有中国的（而非别国的）特点。

这种情况的出现，完全是由于处在科学发展新阶段的科学家们寻找世界观启发的努力，而不是由于什么一时的感情冲动。如果从人类之旅已完成的行程审视这500多年来的历史，它是人类走过的道德社会、权势社会和经济社会三大段路的最近的一段，人类之旅的前锋已开始进入智力社会的行程。经济社会这段行程，以文艺复兴发现人和自然开始，以人与自然的分离结束。当代社会已经陷入人类中心主义的价值取向危机。人和自然关系的异化，已经到了必须作出抉择，实行文化转向的历史关头。每当人类之旅到达一个行程转折时，总是要重新确定方向。500多年来人类理智活动的历史，可以简单地概括为：15世纪中叶文艺复兴勃发，16世纪中叶宗教改革达到高潮，17世纪中叶笛卡尔（Rene Descarttes, 1596—1650）哲学获得胜利，18世纪中叶启蒙哲学独占鳌头，19世纪中叶科学攫取权威，20世纪中叶科学人文主义兴起。欧洲的文艺复兴和启蒙运动为近代科学技术的发展立下了不朽的功绩。但是随着科学技术加速发展而出现的人与自然关系的异化，使启蒙运动的唯科学论受到怀疑。人本主义中的反科学论者追究科学技术的“原罪”。

于是才有科学人文主义出来矫正这两者，主张科学文化与人文文化的平衡。人类总是生活在过去和未来之间。历史在前进，人的思维也从不停止，不断寻求新的、迄今无人知晓的目标。特别是在历史的重大转折关头，人们强烈地想弄明白自己应向何处去，并怀着发现新事物的愉快心情和勇气走向未来。历史的步伐正在跨进 21 世纪。我们所面临的新转变是经济社会向智力社会的过渡。在这次转变中科学扮演最重要的角色，技术、经济、社会方方面面的发展无不涉及科学。当代新科学的世界观向东方特别是中国古代某些思想归复的特征表明，世界文化走向趋同。基于这种文化趋同性，提倡一种以科学新成就为根据的，贯通古今、契合东西的新文化观，就成为建构世界意义的后现代科学观的基本进路。

科学与社会进步

早在 19 世纪，马克思（Karl Marx，1818 — 1883）就提出“科学是一种在历史上起推动作用的力量”，“是历史的有力的杠杆”，“是最高意义上的革命力量”^①，在他之前圣西门（Claude Henri Saint - simon，1760 — 1825）和孔德（Isidore Auguste Marie Francois - Xavier Comte，1798 — 1857）提出过类似的见解，在他之后，特别是在当代，有更

^① 《马克思恩格斯全集》，第 19 卷，第 373 和 375 页。

多的学者发展了这些思想。

圣西门把“理性和科学的进步”看作社会发展的基础和动力；认为科学革命引起政治革命，政治革命又促进科学革命，二者交替进行，互为因果；他设想未来的社会将把对人的统治变成对物的管理和对生产的组织，也就是把政治变成生产的科学。孔德从“人们的智力是推动社会发展的动力”出发，把人类社会的发展规律归结为人类智力的发展规律，根据科学精神否定“君权神授”的神权政治，批判空谈民主、平等和自由的形而上学时代，推崇实证科学的时代。

当代学者们把科学技术革命看作是历史规律中的现象，已经并且正在对当代科学技术革命进行广范而深入的研究。西方一些学者也发挥了马克思、圣西门、孔德的某些观点。例如，1920 和 1930 年代开始流行的经济学制度学派，强调科学在现代文明中的重要作用，把科学技术的生产力作用提高到“至高无上的命令”的地位；1950 和 1960 年代开始流行的“工业社会理论”，提倡建立一种“技术的、科学的或者合理的社会”；1960 和 1970 年代开始流行的“后工业社会理论”，强调在工业社会以后的社会中主要问题是科学组织问题，因为在此阶段，工业力量的强大不是主要的，科学潜力决定国家的实力。

回顾科学发展的历史有助于理解科学在社会进步中的作用。如果我们从科学和社会相互作用的角度来考察，可以看到科学已经历了两次并正在经历第三次革命。第一次科学革命是科学同神学的分离，近代科学成立。它同文艺复兴和宗

教改革一起促成近代社会的出现。第二次科学革命是科学同直接劳动分离，科学进入生产力并因而制度化和社会化，这是从19世纪开始的。上述马克思、圣西门和孔德的思想都是第二次科学革命后果的反映。正在经历着的这第三次科学革命的表面倾向似乎是科学同经济和政治更紧密结合，而实质上是科学同经济的分离。经济管理权和所有权的分离暗示着这种分离。第二次世界大战以来，科学开始规范经济、规范权力、规范道德，甚至规范一切文化，逐渐显示它的主宰世界的力量。上述那些当代学者的一些见识，正是他们对刚开始进行的这次科学革命先兆的某些认识。同政治革命相比，对广大社会公众来说，科学革命不是那样轰轰烈烈，而是静悄悄地进行。

深刻理解科学发展与社会进步的关系，需要新的社会发展理论。但流行的社会发展理论的一个共同缺陷是采用了单一的“中轴原理”。中轴原理力图在概念图式的范围内以社会的某一因素为轴心说明社会系统的结构及其演化的特征。比较流行的中轴原理主要有道德中轴原理、权势中轴原理、经济中轴原理和智力中轴原理。这些基于单一因素说明社会发展的中轴原理只适用于描述某处于某个历史阶段的社会形态，把任何一种中轴原理普遍化为历史的整个进程的中轴原

理都将遇到困难。我曾尝试一种“社会中轴转换原理”。^①

中轴转换原理的中心思想是，社会的形态取决于社会的
中轴结构，社会中轴结构的转变使社会从一种形态变为另一
种形态，呈现社会的阶段性发展。社会结构的形成及其演化
取决于道德、权势、经济 and 智力诸社会要素之间的相互作
用。自形成人类社会以来，正是它们之间的相互作用的结果
使它们之中的某一因素成为社会结构的中轴，并且这种相互
作用也是中轴转换的根源。以道德为中轴的社会可称之为道
德社会。当道德中轴转变为权势中轴时，社会就进入权势社
会。当经济取代权势而成为社会中轴时，社会又进入经济社
会。一旦科学取代经济成为社会中轴，社会就进入智力社会
阶段。按照中轴转换原理，社会发展的阶段性主要表现为社
会中轴的不同，或者说支配社会的主要力量不同。作为标志
性特征，道德社会的支配力量是道德，权势社会的支配力量
是权力，经济社会的支配力量是财富，智力社会的支配力量
是科学。社会阶段性变化的本质是支配社会力量的改变。从
一种社会到另一种社会的转变、不仅表现为支配力量的更

① 我关于社会中轴转换的思想，在1987年11月16日《科技日报》发表的我的一篇短文《科学发展与社会进步》中，给出最早的文字披露。1989年“五四”运动纪念日前后，在中国管理科学研究院高新技术与新文化研究所，我曾邀集一些学界朋友讨论过几次。在取得某种共识的情况下，我写了一篇题为《社会中轴转换原理》的短文，发表在1989年5月26日《光明日报》上。从我见到的一些文字材料看，我的这一思想已在学界得到不少响应。

替、更表现为支配力量的扩散。人类社会进步的本质就是道德、权力、财富和知识的不断增长、完善和扩散。

以中轴转换原理为基础的概念构架是对以中轴原理为基础的彼此相互排斥的四种概念构架的一种自然扩展，后者只是作为前者的二级系统包括在其中。任何概念的意义都依赖于它在其中生效的概念构架。所以，只适合于中轴原理构架的各种概念，在中轴原理转换的普遍构架中，失去了逻辑一致性。像经济中轴原理构架中的“资本主义社会”和智力中轴原理构架中的“工业社会”这些概念，不能原封不动地在中轴转换原理构架中应用，而像“权势社会”和“经济社会”这些属于中轴转换原理构架中的基本概念又必须按照中轴转换原理的构架使用它们。例如，我们不能简单地把“经济社会”这一概念等同于“资本主义社会”或“工业社会”按照中轴转换原理的构架，那些在权势控制下的工业社会不属于经济社会而属于权势社会，只有那种摆脱了权势的工业社会才能被视为经济社会。历史上的法西斯德国和日本以及前苏联都不是经济社会。

社会中轴转换原理是关于社会发展的一个启发性原理。它为社会发展研究提供了一种新的理论视角。中轴转换原理既避免了单一的因果决定论，又允许保留挑选首要逻辑描述社会发展的趋向性。以中轴转换原理来观察当代社会，我们会看到世界发展是不平衡的。经济发达国家已经开始从经济社会向智力社会转变，而发展中的国家则尚未完成权势社会到经济社会的转变。

在从经济社会走向智力社会的转变中，作为智力代表的科学扮演着重要角色。科学在这一转变中的作用主要体现在它的文化功能，而不是像它在经济社会中那样以其生产力的功能起主要作用。科学精神的发展和传播将逐步打破经济独占和推进经济扩散，并在这种扩散的条件下进一步发展科学技术，使以科学为代表的智力成为主宰世界的力量。

社会召唤新科学

人类生存环境的恶化倾向、高技术评估的困难和文化发展的不平衡是科学面临的三大挑战。如果科学界、世界公众和各国政府都以积极的应战态度对待，这将是科学转型的契机。改变地球南穷北富的世界格局，有待于这种转变的发生和发展。

20 世纪以来大规模的战乱、意识形态的对抗、周期性的经济危机、穷国和富国的不平等诸多全球性的问题，构成了作为“人类生存方式”的文化对人类的严重异化。人类创造文化本为图生存，而被人类创造的文化反而发展到威胁人类生存的地步。这就是文化对人类的异化，或者简称为“文化的异化”。文化异化的最严酷的后果是人与自然关系的异化。人类是自然进化的偶然产物，作为自然进化结果之一的人类只能是自然界的组成部分，并且只能生活在这产生它的自然界中。作为人类生存方式的文化，不论是以战争还是工

业以及其他什么方式造成的对自然界的损害，都是在破坏人类的生存基础。罗马俱乐部最先明确揭示给人们的人口膨胀、食物不足、资源短缺、能源匮乏、生态破坏只是这全球性危机的五大因素。人类生存环境的恶化倾向对以造福人类为其理想目标的科学提出严峻的挑战。对于科学能不能解决这些问题有两种态度。罗马俱乐部的“增长极限”论是一种悲观的态度。他们的“世界模型”中根本就没有科学这一最重要的要素。要解决这些问题，作为人类价值基础的道德固然是首要的，但道德理想的实现还是要依赖科学。科学界要承担起这一拯救人类的道义责任。自1970年代这些问题被广泛注意以来，科学家们为解决这些问题已经付出了巨大的心力。虽然还远没有找到解决所有这些问题的成熟的办法，但随着科学的发展今天的暂时无能为力将成为过去。对于科学来讲，在这些问题的科学解决过程中，由于对象的复杂以及历史的和心理的动力，可能导致引起科学整体变革的思想观念和方法论上的更新。

高技术评估的困难还没有像罗马俱乐部“警钟”那样引起人们的广泛警觉。在人们以“指数增长”来形容科学技术高速发展的今天，高技术的发展正以人们来不及预料其后果的速度前进。科学就其本性来说，在伦理意义上是至善至美的。但科学本身不能至善，它的至善要以技术为中介。而科学的技术应用，对人类的价值来说，则可能有好坏两种后果。抛开道德因素致“坏”不论，即使深抱对人类终极命运的关怀，有些“坏”也是难以预料的。好心办了坏事在历史

上不是没有先例的。科学向技术转移的周期日益缩短，无疑对于技术评估及时性的要求更迫切了。虽然任何技术不尽如人意的后果之责任不在科学，但就技术评估包含科学的预测来说，科学不把这种预测作为自己的目标，会有负于公众的厚望。虽然未来学已经发展成一门学科，但涉及科学技术的预测还很少并且成功率也不高。科学技术预测还主要采用特尔菲法和趋势外推法，预测本质上还是一门“艺术”。科学史家库兹涅佐夫（1903—1984）认为，如果预测成为科学创造重的和明显的因素，那么科学、逻辑、理智对道德规范的关系也会改变。我们用“科学”这个词，不如通常习惯的用法那样，把社会科学排除在外。科学是多样化的统一体系，科学的精神气质不应以其对象的不同而割裂。也不能因社会科学的后进和暂时的不发达而忽视它，科学技术预测更大程度上要依靠社会科学，把众多的社会技^①术尽快地提高到有科学根据的水平。科学不能控制人的头脑，至少目前是如此。科学也不单是科学家们的事，对某一科学领域的发展作出令人满意的评价，并不需要对整个科学领域都很内

① “社会技术”的概念已被许多学者使用。我曾在1989年5月15日出版的第269期《自然辩证法报》上发表题为《论社会技术》的短文。其中我类比“自然技术”物化在工具、仪器、设备之中，认为“社会技术”实化在各种社会组织之中。政治组织（政府、议会、法院等）、经济组织（工厂、农庄、商店、银行、保险公司等）、文化组织（学校、医院等）都是社会技术的载体。各种社会组织运行程序就是社会技术知识，即可操作的社会知识。

行。显然没有人认为必须写出文学巨著的人才能评论莎士比亚的著作、只有能创作与贝多芬交响乐相当的乐曲的人才能欣赏贝多芬的交响乐。与此类似,那些并不奢望自己在科学上有所建树的人,他们的良心和见识对正确地评价科学上的成就也很重要。

文化发展的不平衡对科学所形成的挑战更少为人注意。这种不平衡主要表现为科学与人文的分裂、东西方文化的隔阂和“地球村”的南穷北富,后两者在很大程度上也可以归为前者。如果把知识比喻为一座“拱门”,那么在20世纪之前人文之柱高于科学之柱,而在20世纪之后则相反,科学之柱高于人文之柱。科学与人文的分裂和对立始于近代,随着科学技术的发展愈演愈烈。以至英国物理学家斯诺(Charles Percy Snow, 1905—1980)著《两种文化和科学革命》(1959年),认为两种文化的分裂和对抗的倾向使西方人丧失了整体的文化观,以致20世纪的思想界不能对“过去”作出正确的解释、不能对“现在”作合理的判断、同时也不能对“未来”有所憧憬和展望。自1960年以来,在西方表现出一种对科学公开敌视的情绪,世界大战的惨酷、机械文明的非人性、核武器的恐怖、地球生态环境的破坏,都被某些人文学者归罪于科学技术,作为他们主张削短科学之柱的理由。科学虽然在认识的意义上是不完备的,但科学知识的纯洁性是可以信赖的。技术虽然从它诞生起就是反自然的,但是人以其头脑中的道德理想和理性认识的结合还是可以控制自己的创造物的。对待文化的异化,反理性的态度是

不可取的。历史的经验表明，正确的方法是理性的重建。科学与人文自人类的黎明时期就是结合在一起的，人们感觉到它们之间的分离倾向只是近 400 年来的事。实际上，总的来说，在人类历史的漫长道路上，两者是深沉而持久的伙伴，这是植根于宇宙的和谐和人脑的结构本性之中而且为人类幸福所必需的。对于科学与人文重新结合这种理性重建，某些科学家和人文学者不屑一顾，是眼光短浅的表现。只有这种重新结合，东西方的文化隔阂才能消除。也只有在这种重新结合中，发展出一种新科学，才能解决穷国和富国之间的不平等。依靠当今现有的科学技术条件，仅人均资源这一客观的约束条件就决定了，众多经济不发达国家要想达到美国那样的生活水准，是绝对不可能的。希望只能寄于本质上会突破这种约束的新科学。创建这种新科学是有史以来最大的“解放全人类”的道义责任。

在科学的道德权威受到威胁时，那些在多种忠诚中玩弄平衡的科学家，无疑是在破坏科学的可靠性和科学在公众中的威信。科学愈是不局限于直接的观察，愈是深入到自然界的规律中，它就更与人接近、更富有人性。爱因斯坦这位科学道德权威的形象就是这样的新科学的预兆。未来的新科学

应该以合乎道德为最高目标^①。中国学者在新科学的催生上，不仅对中华民族的前途负有神圣的使命，而且对全人类也负有道义责任，因为世界不少学者期望在中国寻找新科学的起飞之翼。

在中国寻找新科学起飞之翼

1944年2月，李约瑟（Joseph Needham，1900—1995），他当时任中英科学合作馆（Sino-British Science Cooperation Office）主任，应邀在重庆中国农学会会议上作了

① 这里所说的科学的道德目标，不是外在的而是内在的。科学的目标是获得可靠的和能造福于人类的知识。科学共同体或称科学家社会在其长期的科学活动中，为实现这一目标而养成并不断完善自己的行为规范。科学目标的双重性决定了科学规范的二重性，它既是技术的又道德的，而且是理性的。我与金吾伦曾合写过一篇短文，题为《哲学的科学精神》，发表在1987年12月28日《光明日报》上。其中关于科学“理性”我们给出一简明的陈述，把它分为三个“台阶”。第一台阶是逻辑，第二台阶是数学，第三台阶是实验。这是我在写《世界物理学史》过程中悟得的。依据对科学理性的这种理解，我把物理学史概括为五大阶段，即思辨物理学、数学物理学、实验物理学、理论物理学和计算物理学，以展现科学理性的递进。在从事科学文化史研究的过程中，我越来越感到科学要上一个新台阶。我在我的几篇文章中都谈到，这个新台阶是“价值”。这样科学理性就包括逻辑的理性、数学的理性、实验的理性和价值理性。

题为《中国与西方的科学与农业》^①的演讲。在这个演讲中他第一次明确地提出这样一个问题：

……作为一个整体的近代科学没有发生在中国，它发生于西方——欧美，即欧洲文明的广大范围内。这有什么原因呢？我以为我们必须找出这个原因，因为如果我们不了解它，我们关于科学技术史的观点就要处于混乱之中。如果我们不了解过去，我们也就没有多少希望来掌握未来。

并且他认为，中国的许多技术发现不是近代科学，也不是理论科学，而是经验科学。它们与近代科学有很大的区别。他从地理、气候、社会和经济四个方面的条件考察中国与西方的不同，提出如下很具刺激性的假设：

如果中国有像西方那样的气候、地理以及社会、经济，而我们西方有像中国这样的相同条件，近代科学会在中国产生，而不是在西方。而西方人就不不得不学习方块字，以便充分掌握近代科学遗产，就像现在中国科学家不得不学习西方语言那

^① Joseph Needham and Dorothy Needham, "Science and Agriculture in China", *Science Outlook*, p.252 — 258, London: The Pilot Press Ltd, 1948.

样。

在其后有关中国科学和文明的诸论著中，他力图研究、理解并回答这样两个最基本的问题：为什么近代科学革命出现在西欧而不是出现在中国？为什么在科学革命产生前的2000年间中国在科学技术方面领先于欧洲？李约瑟认为，传统的中国科学思想未能促成产生自欧洲并持续发展到今天的近代科学，但却有可能为未来的新科学开辟道路。

李约瑟把科学的发展区分为古代的、中古的和近代的三个阶段。近代科学是科学发展的现阶段，同古代科学和中古科学相比，它没有民族的印记，是普遍的世界科学。以这种科学为参照，李约瑟把中国科学传统描述为前科学的、原始科学的或准科学的。当他把中国科学传统与相对论、量子力学相比较时，他发现中国古老的有机哲学好像是现代科学的一种先觉。在他看来，未来科学将会比以相对论和量子力学为基础的现代科学更全面地实现有机论思想，所以把中国科学传统与未来科学相比较具有非常重要的意义。

李约瑟一直坚持认为，不应把传统的中国科学视为近代科学的一个失败的原型。他在其《中国科学技术史》第五卷第二分册的序言中说，道家思想保存着“内在而未诞生的、最充分意义上的科学”，它的发展最终会导致现代科学。他认为现在的科学不是终极的而是暂时的，今天的科学决不是未来的科学。在保持其普遍性和连续性的前提下，科学还要变革。在设想科学变革潜力时，李约瑟为中国科学在产生世

界新科学的过程中安排了更崇高的地位：中国科学传统将为科学的未来发展开辟道路。李约瑟对中国科学传统充满激情并且很有信心：

直到17世纪中叶，中国和欧洲的科学理论大约处于同等水平。仅仅在那段时间之后，欧洲思想才开始迅速向前发展。但是，引导其前进的笛卡尔—牛顿机械论观点，不能持久地满足科学的需要。把物理学看作是对更小的有机体之研究和把生物学者作对更大的有机体之研究的时代必将来。那时，欧洲并且整个世界便能利用一种非常古老的、充满智慧并且丝毫没有欧洲特色的思想模式。

在讨论以罗札克（Theodore Roszak）为代表的“对抗文化”（Counter Culture）和“反科学论”问题时，李约瑟看到了中国文化的特殊价值并作出充分肯定的评价。1974年4月29日他在香港大学演讲《对于西方反科学的一个东方透视》^①，1975年7月在蒙特利尔加拿大亚洲研究协会上他演

① Joseph Needham, "An Eastern Perspective on Western Anti-Science", *Moulds of Understanding*, p.295 — 304, London: George Allenand Unwin Ltd. 1976.

讲“历史与对人的估价”^①。他认为，现代自然科学的进步给人类带来的各种道德上的问题可从中国文化所包含的伟大的传统道德精神取得解答，中国人民中的特殊天才可以在这方面影响整个人类世界，中国人的冷静头脑可用于把西方世界从它陷入的机械唯物论和唯科学主义的深渊中挽救出来。

虽然李约瑟的观点并非无懈可击，亦非主流，但也不是孤立的。他对中国科学与社会所提出的问题及其解答，得到科学史学界和科学社会学界的一些学者的响应，作为为“李约瑟疑难”而被关注。

美国人雷斯蒂沃（Sal P. Restivo）曾经写过一篇评述《李约瑟和中国与现代科学的比较社会学》^②。在其中他对李约瑟提出如下质疑：

存在一种自然科学吗？它是科学探索分阶段发展的结果吗？李约瑟一直对这两个问题持肯定态度，但却由于设想如果近代科学出现在中国，它应当与西方出现的近代科学不同，而不得不发生矛盾。他说他设想的中国近代科学应当是“有机的、

① 李约瑟：《历史与对人的估价——中国人的世界科学技术观》，潘吉星编《李约瑟文集》，第309—354页，辽宁科学技术出版社，1985年。

② Sal P. Restivo, “Joseph Needham and Comparative Sociology of Chinese and Modern Science”, *Research in Sociology of Knowledge, Science and Art*, vol.2 (1979), p.25—51.

非机械的”，这是否意味着这种科学无需经程过牛顿阶段就可以达到爱因斯坦—普朗克阶段吗？或者是否意味着它可以发展出一种不同类型的有机的科学呢？如果后者成立的话，李约瑟所主张的“自然界是一个自然界，自然科学趋于一种统一的科学世界观”又怎么解释呢？

在雷斯蒂沃的这篇评论中，美国人席文（N.Sivin）的看法也被介绍。对于在中国寻找新科学的起飞之翼，席文只是暗示要正视其可能性：“从当代危机的观点看，我们能够问的最有意义的问题之一，确切地说，是如何早一点儿使科学和文化的其他方面协调共存。……如果习惯、信念和知识有一种新的协调……它将来自一些我们远没进化发育出来的新的适应模式。”尽管意见分歧，雷斯蒂沃在其评论结的尾处还是写下了比李约瑟所说富刺激性的话：

我们这些期待“新科学”的人，不能肯定这种新科学会出现，也不能肯定它在什么地方出现。但是，当我们为了子孙后代而审视现在时，我们不能忽视意欲综合利用其三法（洋法、土法和新法）的中国，有可能给未来的科学史家带来这样一个令人困惑的问题：从21世纪才开始认识的新科学何以出现在中国，而不是出现在美国或其他地方。

英国天文学家沙里斯（M.Shallis）1985年在《复活》

第 109 期上发表题为《新科学的诞生》的文章，主张新科学应是合乎伦理道德的科学。尽管建立新科学的中心暂时尚未找到，但他认定了前进的目标，他说：“你若问，是否有什么迹象表明，这样一种新科学将要问世。我的信念是：前进的唯一道路是转过身来重新面向东方，带着对它的兴趣以及对其深远意义的理解离开污秽的西方，朝着神圣的东方前进！唯有到那时，我们才算达到了一个新的转折点……不管怎样，重新面向东方是可能的。但是改变方向的代价将是巨大的和创伤性的。”

易学真理的再发现

现代科学家的研究方向同中国古代思想家们的某些思想如此相近，表明中国古典哲学中包含着今日科学思想中的许多萌芽。因此，中国古典哲学是否可以为新科学的诞生提供有益的哲学启示，就成为值得重视的研究课题。伟大的科学家爱因斯坦关于“重新发现真理”论述，对于我们的论题很有启发：

事物的这种真理必须一次又一次地为强有力的性格的人物重新加以刻画，而且总是使之适应于雕像家为之工作的那个时代的需要；如果这种真理不总是不断地重新创造出来，它就会完全被我们遗忘

掉。^①

回想一下古希腊原子论引入近代科学之后给科学带来的巨大推动力，我们将会深刻理解爱因斯坦这段话对我们的论题的意义。古希腊学者德谟克利特和卢克莱修发展起来的原子论，经中世纪的冷落之后，在 17 世纪由于哲学家伽桑狄的提倡而在近代科学中复活。但是，起初科学家们沿用了古原子论的单质原子概念，以致 100 多年没有取得本质的进展。到了 19 世纪初，道尔顿根据实验事实把原子概念从单质原子改造为元素原子，才确立了原子论的科学地位，成为科学的物质概念的基础，在此基础上发展出现代原子科学。量子力学创建人之一，海森伯（Karl Werner Heisenberg，1901—1976）在谈量子论和原子科学的渊源时曾说过这样一段话：

古代哲学的若干陈述还是颇接近于现代科学的那些陈述。这只是表明，将我们未曾做过实验就具有的关于自然的日常经验，同在这种经验中寻求某种逻辑秩序以便根据普遍原理来理解这种经验的不懈努力相结合，人们能到达怎样的境地。^②

① 许良英等编译：《爱因斯坦文集》第 1 卷，商务印书馆，1976 年，第 84 页。

② 海森伯：《物理学和哲学》，商务印书馆，1981 年，第 37 页。

在现代自然科学发展趋向在某种程度上要求回到中国古代人的自然观的情况下，为在中国寻找新科学的起飞之翼，我们就面临着一个“重新发现真理”的任务。这种发现不可能一蹴而成，亦会有热炽的争论，但是值得冒险的。香港中文大学哲学系主任刘述先说：

……西方有些人像卡普拉已不愿拘限在传统的窠臼之内，由于他注意到这方面的问题，乃提出物理学之“道”而引起热炽的讨论。这方面自难作成任何定论，但观念的冒险需要开拓新的视野，却是无可厚非的。^①

中国古代数学家秦九韶重新发现易学真理创“大衍求一术”和西方近代化学家道尔顿重新发现希腊原子论真理而建立科学的原子理论，都是“冒险”的胜利。重新发现真理需要严肃的科学态度，绝不是把古典著作中的某些概念和现代自然科学术语作简单的类比所能做得到的。在重新发现易学真理的种种努力中尚无公认的成功之例。我自己也曾有些试探，其中可以在这里向读者介绍的是，我发现易学符号系统中所蕴涵一种思想，可以再造出我称之为“变维空间”的新

^① 刘述先：《由天人合一新释看人与自然的关系》，《分析哲学与科学哲学论文集》（新亚学术集刊第九集），第340—351页，香港中文大学新亚书院，1989年。

概念。它可以从易卦的几何解释引出。

易卦卦爻的次序性，使我们可以把每卦看作一个 n 数组 $u = (u_1, u_2, u_3 \cdots u_n)$ ，即 n 个数一组。我们知道在三维空间里，一个点的位置由笛卡尔坐标系的三个坐标确定。八卦的每卦都是三爻，从下到上规定它们的顺序，犹如笛卡尔坐标的 (x, y, z) 数组，如果我们规定阳爻 \bigcirc 为 $+a$ ，阴爻 \bullet 为 $-a$ ，则八卦中每卦都是由 a 和 $-a$ 表示的数组：

坤	$\bullet \bullet \bullet$	$(-a, -a, -a)$
艮	$\bullet \bullet \bigcirc$	$(-a, -a, +a)$
坎	$\bullet \bigcirc \bullet$	$(-a, +a, -a)$
巽	$\bullet \bigcirc \bigcirc$	$(-a, +a, +a)$
震	$\bigcirc \bullet \bullet$	$(+a, -a, -a)$
离	$\bigcirc \bullet \bigcirc$	$(+a, -a, +a)$
兑	$\bigcirc \bigcirc \bullet$	$(+a, +a, -a)$
乾	$\bigcirc \bigcirc \bigcirc$	$(+a, +a, +a)$

如果我们认为把阳爻（—）视为 $+a$ ，阴爻（--）视为 $-a$ 是可以的。那么八卦的每卦就代表着三维空间里一个矢量的位置，或者说代表三维空间里的一个确定的点。这八个点分布在八个象限，形成一个立方点阵，如图 42。

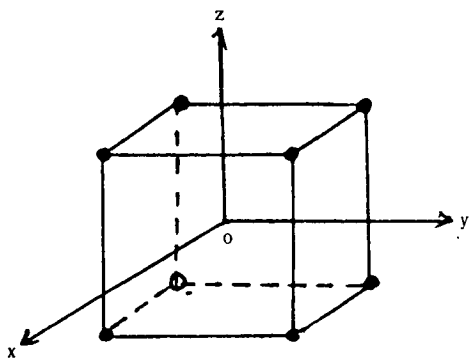


图 42 八卦立方点阵

一般地说，由 n 爻组成的易卦可以视为 n 维空间的点阵， n 是空间的维数。

$n=1$ 是两仪，可视为一维空间直线点阵。

$n=2$ 是四象，可视为二维空间四方点阵。

$n=3$ 是八卦，可视为三维空间立方点阵。

$n=4$ 是十六卦，四维空间的四方点阵。

$n=5$ 是三十二卦，五维空间的五方点阵。

$n=6$ 是六十四卦，六维空间的六方点阵。

随着爻数 n 的增长，易卦的空间维数继续增高。

两仪的直线点阵如图 43。四象的四方点阵如图 44。

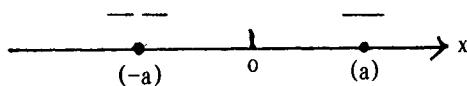


图 43 两仪直线点阵

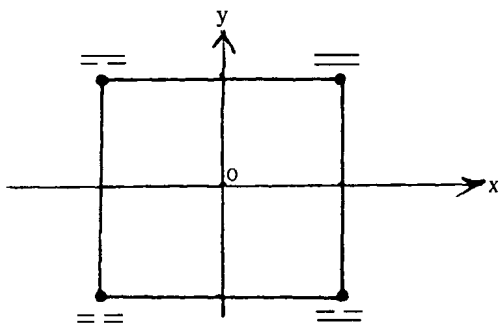


图 44 四象四方点阵

高于三维的空间点阵，可通过降阶投影作形象理解。我们先看看立方点阵在二维空间和一维空间的投影。

在二维空间的投影即在一个坐标平面（ x, y ）上投影。一个立方点阵在一个坐标面正投影的结果是八个点变成了四个二重点，即两两相重合在一起。为了在二维空间里表示三维空间的点阵，我们可以引进局部坐标。即在平面上的四个二重点处引进一个垂直于该坐标面的一维局部空间坐标，把二重点拉开。这样，就好像在一个平面上有四个竖立的哑铃，如图 45。

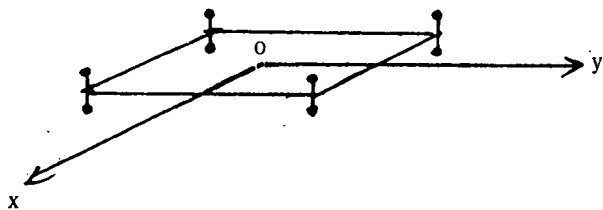


图 45 八卦立方点阵的二维空间表示

立方点阵在一维空间的投影即在一个坐标轴上的投影。这可以由两步完成：先在一个坐标面上作正投影，再把它在一个坐标轴上作正投影。这样投影的结果，八个点变成了一个坐标轴上的两个四重点。在这两个四重点引入的局部坐标必须是二维的。如图 46 所示，立方点阵成了在两个四重点处各置一对交叉的哑铃。

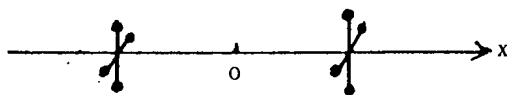


图 46 八卦点阵的一维空间表示

三维空间在二维空间的投影可把三维空间分解为 $(2 + 1)$ 维，三维空间在一维空间的投影可把三维空间分解为 $(1 + 2)$ 维。

类似地，我们可以把六十四卦所代表的六维空间点阵投影到三维空间，也就是分解为 $(3 + 3)$ 维来理解。这样，六维空间的六十四个点在三维空间的投影就是八个八重点，即每个点代表六维空间的八个点。在这八个重点引入三维局部坐标，就如图 47 所示，每个点是一个小立方点阵。

在易学中易图的衍生代表事物由简到繁的演进。太极生两仪，两仪生四象，四象生八卦……，这种一生二，二生四，四生八……的易卦衍生次序对应着空间维数的增加。因此，易图的空间结构是一个变维序列，从太极的零维变而为两仪的二维，进而再变为三维、三维、四维、五维、六维……。

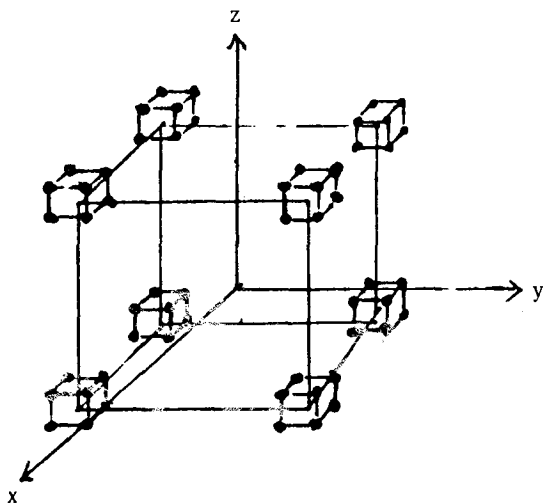


图 47 六十四卦点阵的三维空间表示

易图的这种维数可以叫它“状态维数”，因为它表示的是关于状态的一种度量。阴阳两种状态作排列组合，两个一组有四种可能，即所谓四象；三个一组有八种可能的状态，即所谓八卦；如此等等。排列可能的状态数同组成状态的元素数以及状态数之间有确定的数学关系。如果把基本状态数记作 r ，组成状态的元素记作 D ，可能的组成状态数记作 $N(r)$ ，那么有

$$N(r) = r^D$$

两边取对数有：

$$D = \log N(r) / \log r$$

《周易》系统的易图 $r=2$ ，对两仪有 $N(2) = 2$ ， $D =$

1; 对四象有 $N(2) = 4$, $D = 2$; 对八卦有 $N(2) = 8$, $D = 3$; ……。《太玄》系统的易图由三个基本状态四个一组组合成八十一首。八十一首的维数为:

$$D = \log 81 / \log 3 = 4$$

《太玄》易图也是一个变维序列, 其状态维数的一般表示为:

$$D = \log N(3) / \log 3$$

易学与未来科学

谈论“未来”意味着“预测”。但“预测”这个词用到“科学”这个对象上, 在科学的预测意义上委实有点勉强。这是因为, 真正科学的预测必须以其对象的规律为依据, 而把科学作为研究对象的科学史学、科学哲学、科学社会学等诸学科成果的总合, 也尚未能清楚地揭示出精确可靠的科学发展规律。科学预测面临着尚待克服的悖谬: 发展很不充分的学科为发展较为充分的学科进行预测。但是, 有关科学未来的预测毕竟不是毫无根据的猜测, 虽然不免充满诗情画意而终非诗人的幻想。至少它们有某种历史的根据。现在被称为“科学预测学”的诸多方法, 究其实质不外历史和现状的某种方式的外推。

尽管不断进展的科学从不顾及其历史, 但历史却一直是它的向导。为 20 世纪科学提供了启蒙哲学的奥地利物理学

家马赫 (Ernst Mach, 1838 — 1916) 和法国数学家彭加勒 (Jules Henri Poincare, 1854 — 1912) 都曾论说: 预见科学未来的正确方法是研究它的历史和现状。马赫关于力学史的研究成果导致爱因斯坦 (Albert Einstien, 1879 — 1955) 创造相对论的事实, 使彭加勒的名言“科学史应该是我们的第一向导”更为可信。其实, 历史与未来相关的思想渊源久远。不仅《易传》有“察往知来”之论, 而且王充 (27 — 97?) 还提出“揆端推类”的预测方法论, 主张“推原往验以处来”。科学家自己常常照历史预测科学的未来。^①

第一次世界大战之后, 历史学家们开始以一种新的见识重新审视人类的历史。德国历史哲学家斯宾格勒 (Oswald Spengler, 1880 — 1936) 发表的 2 卷本《西方的没落》

① 根据柯恩 (I. Bernard Cohn) 在其《科学中的革命》(Revolution in Science, 1985) 中统计, 18 世纪以来曾有 16 位科学家把他们自己的某项科学工作说成是“革命的”或“革命性的”。他们是西梅耳 (Robert Symmer, 1707 — 1763)、马拉 (Jean - Paul Marat, 1743 — 1793)、拉瓦锡 (Antoine - Laurent Lavoisier, 1743 — 1794)、李比希 (Justus von Liebig, 1803 — 1873)、哈密耳顿 (William Rowan Hamilton, 1805 — 1865)、达尔文 (Charles R. Darwin, 1809 — 1882)、魏尔肖 (Rudolf Virchow, 1821 — 1902)、康托 (George Cantor, 1845 — 1918)、爱因斯坦 (Albert Einstien, 1879 — 1955)、闵可夫斯基 (Herman Minkowski, 1864 — 1969)、劳厄 (Max von Laue, 1879 — 1960)、威格纳 (Alfred Wegener, 1902 —)、康普顿 (Arthur H. Compton, 1892 — 1962)、朱斯特 (Ernest Everett Just)、沃森 (James D. Watson) 和曼德耳勃罗 (Benoit Mandelbrot)。实际上, 他们并非都引发了革命。

(1918—1922) 预言欧洲衰退而引起震惊, 他被称为“历史学的哥白尼”。其后又有英国历史学家汤恩比 (Arnold Toynbee, 1889—1975) 由东西方对比研究得出新的预言: 一切文明都有兴衰。与此同时, 以法国历史学家布劳迪耳 (Fernand Braudel) 和费伊耳 (Lucien Fauriol) 为中心, 通过《年鉴: 经济、社会》(1929 年创刊) 发展出一个被称为“年鉴”派的历史学共同体。这个学派不追求一般的预言, 而是以重建经济、社会、文明三元互动相关的历史结构为其目标。这种整体论的历史观, 把作为 19 世纪精英文化中轴的科学, 包括在一般历史研究的视野之内。一般历史学的这两种潮流, 大手笔的预言和全方位的构造, 都引起科学史家的兴趣。法国科学史家科瓦雷 (Alexandre Koyre) 和美国科学史家库恩 (Thomas S. Kuhn) 率先采取“年鉴”派的历史态度, 合内外史为一, 开一代科学史研究的新风。库恩的《科学革命的结构》(1962) 是科学史研究这一转向的象征。关于科学发展的规律性已得到一些粗略的认识, 如科学文献近乎指数的增长、科学重心的学科更替、科学地理中心的转移、科学理论的范式变革等。库恩的“危机”导致“革命”的思想, 虽说是针对理论转型说的, 对分析我们所面临的世纪之交的科学整体发展也能提供有用的启迪。

我们这个世纪的科学家对科学现状的感受, 与上个世纪末的物理学家们当时的那种感觉大不相同。19 世纪末的物理学家们经受了从相信物理学大厦已经建成到惊呼物理学基础概念发生危机的巨变。而本世纪的科学家们, 由于关于量

子论和相对论概念基础方面的持久不息的争论，一直感到科学大厦的基础不稳，并且有些实验也具有几分动摇基础的性质，但从未有人发出有关科学概念基础发生危机的呼吁。这或许是量子论和相对论在科学的各个领域扩展和应用的成功以及其远未达到止境的技术应用前景，引开了大多数科学家对科学深层基础的足够充分的关注。如果审视科学活动的知识体系和社会体制关系的现状，我们发现其特点是，一方面本世纪中叶以来科学被普遍地纳入国家体制，另一方面纯科学重大选题的85%独立于社会的实用需要。这表明科学的独立性和自主性在科学的发展中起主导作用。因此，就以物理学为核心的科学知识体系目前的不引起严重危机感的平稳发展态势看，30年之内可能不会有深层基础的突破，外延扩展和技术应用的开拓可能是科学活动的主战场。因此，对诸多有关科学革命的预言要有所保留。

与科学知识基础的这种感觉上的平稳发展相反，科学的社会危机却有如深潭激荡，猛似急风暴雨。在第一次世界大战之后，30年代西方世界的经济大萧条、40年代更为残酷的法西斯侵略战争、50年代资本主义和社会主义两个世界体系的冷战、60年代世界性的学生运动、70年代生态破坏的严重冲击、80年代以来东欧的转向及苏联的解体，这些大动荡把个人、社会和环境三个层面的不安全都展现在人类面前，全球性的危机出现了。在这全面危机中，科学的纯洁性受到怀疑，传统的科学世界观被严加批评，科学与人文的分裂备遭谴责。罗出扎克的《对抗文化》（1969）、柴谷笃弘

的《反科学论》(1973)、卡普拉的《转折点》(1982)是批判有关传统科学问题的代表性著作。以《大国兴衰》(1987)预言美国走向相对衰退而名闻世界的肯尼迪(Paul Kennedy),其作为一般史学的新作《为21世纪作准备》(1993),对于与技术、经济变化、人口增长有关的人类遭遇,给出了一个历史的透视。如我们前面所指出,科学所面临的三大挑战,人类生存环境的恶化倾向、高技术评估的困难和文化的不平衡,这种社会需求和科学自身发展两者的轨迹,可能在30年后达到它们的交汇点。30年内大概不会发生科学概念基础的突破,但是30年之后却可能走上新科学诞生的历程。新科学的内容必定同解决人与环境的和谐、科学与人文的平衡、科学本身的系统整合等问题相联系。新科学的诞生很可能伴随着科学地理中心的转移而形成。美国前国务卿基辛格最近答记者问时谈及,10年之内美国左右世界局势的地位不会动摇,但25年之后将不得不考虑中国这个竞争对手。新科学是诞生在美国还是其他什么地方?不得而知。如果确有文明兴衰规律,并且日本汤浅光沼的科学地理中心转移律成立,那么科学中心的转移迟早是要发生的。中国科学家也应准备为争取这次机遇发挥自己的创造性。

现在就要为在未来的新科学设计后现代的科学观。历来哲学同自然科学存在着密切关系。在古代,人类只有一门总括的知识,就是哲学。就欧洲而论,到亚里士多德时代,哲学才开始分化,出现了自然学(关于自然的知识)、伦理学

(关于社会的知识)和逻辑学(关于思维的知识)三个主要分支。自然学进一步发展,又分化出分门别类研究自然各个领域的分科之学,于是以数学方法和实验方法相结合的严密的经验自然科学在近代诞生了。随着近代科学的诞生,自然科学中把自然界作为整体来研究的思想延续下来,而成为同自然科学相脱离的“自然哲学”。自然科学的发展,一方面促成哲学产生反思辨形而上学的倾向,另一方面也使得自然科学内部产生了认识论的变革,从而冲破了哲学同自然科学分离的思想,开拓了两者结合的新道路。这大约发生在19世纪后半叶。所以,从自然科学发生和发展的历史看,自然学(古代哲学的一部分)就是前科学。作为前科学的《周易》这部古典,历来仁者见仁,智者见智。犹如观看一场精采的杂技表演,一般观众为演员的惊险动作喝彩,而力学家欣赏的则是演员掌握各种力学原理的能力。巫师和方士把《周易》作为占筮的迷信工具,哲学家则潜心探求其哲学奥义,历史学家要从中了解产生它的那个时代的社会,科学家致力于发现其中的科学含义。所以梁启超称《周易》为“数理哲学”,而莱布尼茨则称它为“最古老的科学”。台湾学者黎凯旋与自然科学家讨论,提出了《周易》中所蕴涵的若干“宇宙最高原理”:

最近十多年来,我曾和不少中外数理科学家见面,每次在讨论到《易经》的原理和方法技术时,大家都一致认为,《易经》中实含具有宇宙最高原

理。所谓“宇宙最高原理”，即宇宙万物所含具的共通的原理，也就是宇宙万物万事及一切学问都离不开的共通原理，包括对称原理、平衡原理、和谐原理、循环原理、生生原理、稳定原理等等。^①

《周易》中的哪些思想对建构后现代科学观有意义？按我的认识，生成原理和循环原理这两个宇宙秩序原理，“天工开物”观和“道术一本”观这两个科学技术观，仍有巨大的意义。

“生成原理”强调以“产生”和“消灭”或者“转化”阐述变化，与主张变化是不变的要素之结合和分离的“构成论”相对立。生成论和构成论的差别是造成东西方传统科学差异的总根源。以产生和消灭或者转化为特征的基本粒子现象表明，以构成论为特征的近代科学正在转向生成论的现代科学。量子矩阵力学创始人德国物理学家海森伯是其中的先觉者。现代宇宙学家霍金的“宇宙创生于无”的理论和惠勒关于物理定律的“质朴性原理”，都是从“无”到“有”地创生。18世纪的启蒙思想确立的“分析建法”，把认识对象分析还原为它的终极要素然后在思想中把这些要素重建为一个整体的方法，尽管它作为启蒙运动的“理性”旗帜极有力地推动了自然科学和社会科学的发展并铸成19世纪这个科

^① 黎凯旋：易经的宇宙最高原理，《中华易学》，第7卷（1986）第9期，第8—12页。

学世纪,但是现代科学的发展表明它不再完全适合于科学的继续发展,已趋向被“生成论”取代。这种取代过程实质上是一种新启蒙运动。同18世纪用分析重建法认识自然和社会类比,新的科学启蒙思想的方法论核心是以生成原理和经验原则结合为其框架认识自然和社会,处理种种问题。我们也可以给这种方法论一个名称标志它的特征,不妨叫它“整体生成法”。

“循环论”对克服生物进化论和热退化论的矛盾具有“回天”之力。尽管生物进化论已被推广为社会进化论,但进化的度量问题并没有真正解决,并且存在始终点的疑难。物理学给出的进化度量是对称性的破缺,但也未能解决宇宙的起始和终结。物质、能量转化守恒的科学原理,在物质、能量种类有限的条件下,在逻辑上要导致终归被耗尽而达终点的悲观结论,只有宇宙大循环才有“回天”之力。循环原理为建立宇宙整体的大循环提供了原型。自然科学要寻找各种循环原理,至少要有物质、能量和信息三个科学循环原理才能组成宇宙大循环,克服物质、能量、信息被耗尽的危机,给人类以乐观的科学根据。稳恒态宇宙理论的创始人邦迪(Hermann Bondi, 1919—)1957年提出的负质量的概念,为物质自己运动提供了一个思辨的科学模型。“能量循环”概念已被思考。^①

^① 徐业林:《从单一室温环境获得能量的实验与研究》,科学出版社,1988年。

“天工开物”和“道术一本”作为科学技术观，把技术视为沟通人与自然的中介，而不是作为人类掠夺自然的工具和权力控制人的工具。这种观点，有利于克服不考虑后果的技术的滥用。《大戴礼记·易本命》如是说：“好坏巢破卵，则凤凰不翔焉。好竭水扑鱼，则蛟龙不出焉。好刳胎杀夭，则麒麟不来焉。好填溪塞谷，则神龟不出焉。故王者动必以道，静必以理。动不以道，静不以理，则自夭而寿，妖孽数起，神灵不见，风雨不时，暴风水旱并兴，人民夭死，五谷不兹，六畜不蕃息。”宋初理学家程颐主张“在为理，处物为义”是很有道理的。所以朱熹论格物力主“合内外”：“有人问：格物云合内外始得。朱子曰：他内外未尝不合，自家知得物之理如此，则因其理之自然而应之，使见合内外之理；目前事事物物皆有至理。如一草一木，一禽一兽，皆有理；自家知得万物均气同体，见生忍见死，闻声不忍食肉，非其时不伐一木，不杀一兽，不杀胎，不妖夭，不覆巢，此便是合内外之理。”（《朱子语类》卷十五）这种基于人与自然和谐的思想，既是古老的又是最新的。人类经历了500年与她的母亲大自然搏斗之后，才从成功的苦头中体悟到古代东方贤哲的睿智，科学技术必须以伦理道德为最高目标。